

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технології виготовлення корпусу ПЕКДД-4Р8.030.03
з дослідженням геометричної точності контуру при
гідроабразивному різанні матеріалів.

Виконав: студент VI курсу, групи МПм-61
спеціальності _____

131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Олексій КУПЕЦЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(підпис) Дмитро РАДИК
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____
(підпис) Андрій ДЯЧУН
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____
(підпис) Ігор ОКІПНИЙ
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) Андрій БАБІЙ
(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувача кафедри
Окіпний І. Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« 20 » листопада 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 131 Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)
студенту Купецькому Олексію Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технології виготовлення корпусу ПЕКДД-4Р8.030.03
з дослідженням геометричної точності контуру при гідроабразивному різанні матеріалів.

Керівник роботи Радик Дмитро Леонідович, к. т. н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «16» листопада 2023 року № 4/7-1058

2. Термін подання студентом завершеної роботи 24 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Робоче креслення корпусу ПЕКДД-4Р8.030.03, базовий техноло-
гічний процес виготовлення, річна програма випуску 35000 шт., наукова література
присвячена дослідженням геометричної точності контуру при гідроабразивному різанні
матеріалів.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Зміст. Реферат. Вступ. Аналітична частина. Науково-дослідна частина.
Технологічно-конструкторська частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.
Висновки. Перелік посилань. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Плакати для ілюстрації результатів наукових досліджень – 2А1. Креслення заготовки – А3.
Кондуктор для свердління отворів Ø 6,5 мм – А1. Двохштиндельна свердлильна головка для
оброблення отвору Ø6,5 мм – А1. Пристосування для оброблення в операції 030 – А1.
Пристосування для контролю відхилення від перпендикулярності – А1. Карти технологічного
налагодження на операції 005, 015, 035 – 2А1.

РЕФЕРАТ

Купецький Олексій Володимирович, кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр на тему: «Розроблення технології виготовлення корпусу ПЕКДД 4Р8.030.03 з дослідженням геометричної точності контуру при гідроабразивному різанні матеріалів». Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, кафедра інжинірингу машинобудівних технологій, група МПм-61. Керівник – канд. техн. наук, доцент Радик Дмитро Леонідович.

Для виконання кваліфікаційної роботи служили такі вихідні дані: робоче креслення деталі, заводський ТП її виготовлення та програма випуску на один рік.

Одним із технологічних методів оброблення багатоелементних деталей складної геометричної форми та підвищеної твердості є гідроабразивне різання матеріалів, яке здійснюється на багатоцільових верстатах і на верстатах з ЧПК.

Характерною особливістю контурного гідроабразивного різання є значна зміна ширини і глибини різання, обумовлене складною конфігурацією оброблюваних деталей, в результаті цього відбувається зміна величини і напрямку вектора сили різання, що призводить до утворення похибок оброблення деталей.

Таким чином, розроблення методики визначення технологічних параметрів гідроабразивного різання матеріалів з використанням верстатів з ЧПК є актуальним завданням.

Мета кваліфікаційної роботи: розроблення ТП виготовлення корпусу ПЕКДД 4Р8.030.03, який був би прогресивнішим, економічнішим і продуктивнішим, а також дослідження геометричної точності контуру при гідроабразивному різанні матеріалів.

Завдання досліджень: підвищення ефективності та точності контурного оброблення складнопрофільних деталей на верстатах з ЧПК, забезпечення необхідних геометричних параметрів кромки різання, що обумовлює необхідність визначення для кожного типу і товщини матеріалу оптимальної програмованої контурної швидкості різання; розробити маршрутно-операційний ТП механічного оброблення корпусу ПЕКДД 4Р8.030.03; спроектувати спеціальне технологічне оснащення та ріжучий інструмент, розробити заходи з ОП та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – ТП виготовлення корпусу ПЕКДД 4Р8.030.03, а також геометричні параметри точності кромки різку матеріалу.

Наукова новизна роботи полягає у розробленні рекомендацій, що дозволяють керувати процесом досягнення точності і продуктивності контурного оброблення деталей складної геометрії в процесі різання шляхом застосування систем корекції.

Практичне значення отриманих результатів: розроблено раціональний ТП виготовлення корпусу ПЕКДД 4Р8.030.03, розроблено верстатне технологічне оснащення та спеціальний ріжучий інструмент для його реалізації, спроектована ділянка механічного цеху для виготовлення даного виробу.

Апробація. Основні результати роботи доповідались на XII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», м. Тернопіль, 6-7 грудня 2023 року.

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, переліку посилань із 22 найменувань та додатків. Обсяг основної частини становить 73 сторінок, додатків – 55 сторінок.

Графічна частина включає 8 аркушів формату А1.

ЗМІСТ

	ст.
ВСТУП	7
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	
1.1. Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами	8
1.2. Актуальність теми роботи	10
1.3. Методи вирішення поставленої проблеми	11
1.4. Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу	11
2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	
2.1. Характеристика об'єкту дослідження	12
2.2. Програма і методика теоретичних та експериментальних досліджень	14
2.3. Оброблення результатів досліджень	18
2.4. Аналіз і узагальнення отриманої інформації	20
2.5. Висновки та пропозиції щодо використання результатів виконаних досліджень	23
3. ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	
3.1. Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва, аналіз його технологічності	24
3.2. Розроблення маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення виробу	28
3.2.1. Укрупнене визначення та аналіз типу та організаційної форми виробництва	28
3.2.2. Вибір та техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки	29
3.2.3. Вибір технологічних і вимірювальних баз	31
3.2.4. Формування маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення деталі	31
3.2.5. Визначення припусків на оброблення та розмірів заготовки	33
3.2.6. Вибір різального, вимірного та допоміжного інструменту	37
3.2.7. Визначення режимів різання та технічних норм часу	37

3.3. Визначення кількості обладнання. Розроблення планів компоновання цеху та розміщення обладнання на ділянці	41
3.4. Конструювання спеціального оснащення та інструментів	47
3.4.1 Проектування кондуктора для оброблення двох отворів Ø 6,5 Н8	47
3.4.2 Проектування багатошпindelної головки	53
3.4.3 Проектування пристосування для комплексного оброблення в операції 030	55
3.4.4 Контрольне пристосування	61
3.4.5 Розробка спеціального ріжучого інструменту	63
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	
4.1. Заходи протипожежної профілактики при експлуатації електроустановок на проектованій ділянці	65
4.2. Структура цивільної оборони об'єкту господарської діяльності машинобудівного профілю	66
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	71
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	72

ВСТУП

Ріст промисловості, а також темпи переозброєння нової техніки, залежить від рівня машинобудування. Технічний прогрес в машинобудуванні характеризується не тільки покращенням конструкції машини, а й неперервним вдосконаленням технологій виробництва. Від прийнятої технології виробництва залежить довговічність і надійність роботи випущених машин, а також економічної ефективності та експлуатації.

В основних напрямках економічного і соціального розвитку України велика увага приділяється розвитку машинобудівної галузі.

Виходячи із вказаних задач необхідно забезпечити:

- широкий перехід на випуск високоефективної продукції, яка відповідає по всім техніко-економічним показникам кращим світовим зразкам;
- вдосконалити структуру важкої промисловості, покращення міжгалузевих і внутрішньогалузевих пропорцій, прискорення розвитку машинобудування, газової і нафтової промисловості, розширення спеціалізації і кооперування;
- оновлення промисловості і перш за все на основі технічного переозброєння і реконструкції підвищення рівня механізації і автоматизації;
- суттєве збільшення промислових засобів механізації і автоматизації підйомно-транспортних, завантажувально-розвантажувальних і складських робіт в цілях значного скорочення сфери застосування ручної, малокваліфікованої праці;
- забезпечити такі основні напрямки: розвиток галузі важкої промисловості, машинобудівний комплекс, виробництва конструкційних матеріалів, паливно-енергетичний комплекс, матеріально-сировинна база.

У зв'язку з цим необхідно передбачити випередження темпів приросту випуску продукції порівняно в середньому по машинобудуванні в цілому, суттєво підвищити об'єм капіталовкладень, скоротити строки розроблення і освоєння нової техніки. Понизити питому металомісткість машин і обладнання, збільшити завантаження промислових потужностей, підвищити продуктивність праці, знизити собівартість продукції.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами

Вхідні параметри заготовки (припуск, твердість, жорсткість по траєкторії різання) та інструменту (розмірне зношення, ступінь затуплення) змінюються від деталі до деталі, а також і в процесі виготовлення однієї заготовки. Врахувати при програмуванні навіть систематичні складові цих факторів досить важко, оскільки для цього необхідно мати достовірну інформацію про заготовку і про стан ріжучого інструменту.

При контурному обробленні уточнення режимів різання ускладнене через складності враховування зміни глибини і ширини гідроабразивного різання по довжині оброблюваного контуру деталі. Ці параметри зазвичай мають як випадковий, так і систематичний характер. Вони можуть бути задані в неявному вигляді, тому їх визначення і реальне використання вимагає застосування ЕОМ і істотного збільшення введеної вихідної інформації. Відповідно до цього режими різання, призначені при програмуванні, вимагають коректування через неминучі відхилення від вихідних даних, що виникають в процесі оброблення.

Похибки оброблення також значною мірою невизначені. Систематичні складові похибок залежать від числа оброблених деталей, і для виявлення їх характеристик необхідний статистичний аналіз. Всі ці питання ускладнюються при виготовленні деталей складної геометрії та зі значною глибиною різання. Якщо при ручному керуванні верстатом робітник може в процесі оброблення врахувати вплив точності таких факторів як зміни ширини і глибини різання, і деякі інші, то робітник-оператор на верстаті з ЧПК цією можливістю практично не володіє. Таким чином, інформація, закладена інженером-програмістом в керуючій програмі, не завжди може забезпечити задовільний режим роботи і необхідну якість всіх виготовлених деталей в партії.

Характерною особливістю контурного гідроабразивного різання є значна зміна ширини і глибини різання, обумовлене складною конфігурацією оброблюваних деталей, в результаті цього відбувається зміна величини і напрямку вектора сили різання, що призводить до утворення похибок оброблення деталей.

Величина цих похибок при гідроабразивному різанні досягає в ряді випадків 0,5-1 мм. Навіть в умовах чистового оброблення, коли величина припуску по контуру складає 0,3-1 мм, ці похибки, як показує практика, повністю усунути неможливо.

Необхідна точність деталей середніх розмірів, оброблюваних цим методом на верстатах з ЧПК, становить $\pm 0,4 \dots 0,2$ мм. Однак часто при обробленні деталей в один прохід навіть ці параметри точно не витримуються, незважаючи на те, що слідкуючий привід, що застосовують на фрезерних верстатах з ЧПК, забезпечує точність переміщення столу по двох координатах $\pm 0,01$ мм. Це свідчить про те, що поряд з похибками статичного настроювання, зумовленими похибкою приводу, на точність оброблення домінуюче вплив робить похибка динамічної настройки. Вимірювання точності заготовок середніх розмірів показують, що литі заготовки з чавуну, сталі, кольорових металів або сплавів мають коливання припуску в межах 2,5 ... 5 мм. Точність розмірів заготовок поковок, отриманих в підкладних штампах, становить близько 2 ... 6 мм.

На утворення похибки динамічного настроювання істотний вплив робить також коливання твердості матеріалу заготовок. Так, наприклад, твердість заготовок товщиною 10 мм, отриманих на вирубному штампі з листової сталі 30ХГСА, коливається від 182 НВ до 252 НВ.

При цьому коливання твердості матеріалу в межах однієї заготовки становить по НВ 26 одиниць, а у заготовок з алюмінієвих сплавів, твердість матеріалу змінюється в межах 20 ... 26% [34].

При звичайному контурному гідроабразивному різанні для вищої точності оброблення здійснюють за кілька проходів, використовуючи при цьому значно низькі режими різання. Однак це призводить до втрати продуктивності, що значно знижує ефективність застосування дорогих програмних верстатів.

При цьому слід зазначити, що наявність на верстатах з ЧПК регульованих приводів з високою роздільною здатністю і точних вимірювальних систем по всіх керуючих координатах дозволяє здійснювати на верстаті корекцію виникаючих відхилень на основі принципів адаптивного керування процесом оброблення.

Істотна втрата продуктивності виникає при необхідності дооброблення кутів спряження суміжних поверхонь контуру, яку, в ряді випадків, доводиться

виконувати не на верстатах з ЧПК, а переносити на звичайні універсальні верстати. Відповідно з цим виникає також необхідність розробки високоефективних циклів дооброблення кутів спряження суміжних поверхонь.

Найважливішим фактором ефективного використання дорогих багатоцільових верстатів і верстатів з ЧПК є створення необхідного, програмно-технологічного забезпечення, що дозволяє ефективно керувати процесом формоутворення при виготовленні складно-профільних деталей машин.

Одним із завдань складання керуючих програм для контурного оброблення є необхідність виконання раціонального (спрощеного) описом контуру, що дозволяє скоротити запис керуючої програми за рахунок зосередження в одному - двох кадрах інформації, опис якої зазвичай вимагає більшого числа кадрів керуючої програми. Одночасно ставиться завдання досягнення раціональним програмуванням згладжування кутів спряження суміжних поверхонь.

Таким чином, завдання створення ефективного програмно-технологічного забезпечення процесу формоутворення складно-профільних деталей, що виготовляються на верстатах з ЧПК, є актуальною і має як наукову, так і практичну значимість.

1.2 Актуальність теми роботи

Розвиток сучасної техніки при тенденції підвищення якості та зниження металоємності виробів розширило склад і кількість деталей машин складної геометричної форми, виготовлення яких здійснюється на дорогих багатоцільових верстатах і на верстатах з ЧПК. Тому проблема підвищення ефективності використання такого обладнання є актуальною.

Виготовлення на верстатах з ЧПК багатoelementних деталей складної геометрії - корпусів паливних та гідравлічних систем аерокосмічної техніки, порожнин штампів і прес-форм, шаблонів, кулачків, лопаток турбін і інших представляє складну технологічну задачу. Тому вдосконалення методів оброблення та підвищення їх ефективності має практичну цінність.

1.3 Методи вирішення поставленої проблеми

Для підвищ. ефективності контурного гідроабразивного оброблення складнопрофільних деталей машин на верстатах з ЧПК шляхом керування процесом формоутворення і режимами різання, як на етапі розробки керуючої програми, так і в процесі виконання операції проведено теоретич. та експериментал. дослідження, результати яких отримані на основі і з використанням системного аналізу, методів математичного моделювання, на базі фундаментальних положень технології машинобудування, теорії розмірних ланцюгів, теорії баз, теорії різання та програмного керування верстатним обладнанням.

1.4 Висновки та постановка задач на дипломну роботу магістра

У відповідності з поставленою метою – підвищ. ефективності та точності контурного оброблення складнопрофільних деталей на верстатах з ЧПК визначена необхідність вирішення наступних наукових завдань:

1. Виявити фактори, що визначають причини формування відхилень і втрати продуктивності контурного оброблення;
2. Дослідити механіку формування відхилень контурних поверхонь, що виникають на етапах установки, статичної та динамічної настройки технологічної системи;
3. Розробити технологічні рішення і дати рекомендації, що дозволяють керувати процесом досягнення точності і продуктивності контурного оброблення деталей складної геометрії як на етапі розробки керуючої програми, так і в процесі різання шляхом застосування систем корекції, включаючи адаптивні системи керування.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика об'єкту або предмету дослідження

Гідроабразивне різання матеріалів здійснюється тонким струменем води, наповненого порошковим абразивом. Фізична суть методу гідроабразивного різання полягає в ерозійному впливі на матеріал гідроабразивного струменя, при якому відбувається відривання частинок оброблюваного матеріалу і винесення їх з порожнини різку швидкісним потоком води і абразиву (рис. 2.1).

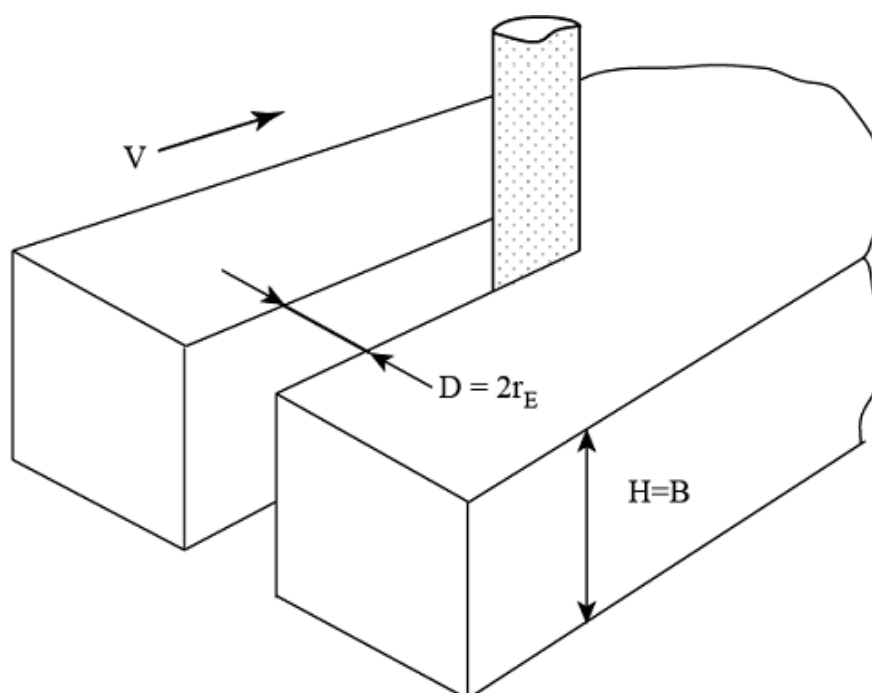


Рисунок 2.1 – Схема гідроабразивного різання.

Процес здійснюється з використанням абразивної ріжучої головки, через яку проходить високошвидкісний водяний струмінь, що дозволяє розігнати абразив і створити ріжучу можливість струменя, при якій можливе виконувати різання матеріалів різного типу. На рис. 2.1. параметр H визначає висоту різальної заготовки, параметр D визначає діаметр струменя води, а параметр V визначає швидкість подачі струменя по заданому в системі ЧПК запрограмованого контуру оброблення деталі.

У загальному випадку для гідроабразивного різання різних по товщині Н заготовок створюють струмінь відповідного діаметру D:

Товщина матеріалу, Н	Діаметр струменя, D
10 – 80 мм	0,76 – 1,02 мм

Стійкість процесу та ефективність впливу двокомпонентного струменя забезпеч. оптимальним вибором ряду параметрів, регульованих при гідроабразивному різанні. Сюди входить тиск і витрата води, що подається, витрата і розмір частинок абразиву, а також зазор між соплом і оброблюваним матеріалом.

Перевагою гідроабразивного різання є:

- низька температура в зоні різку $60^{\circ} \dots 90^{\circ} \text{C}$, при якій відсутній термічний вплив на оброблюваний матеріал і виключається вигорання легуючих елементів при обробленні легованих сталей;
- широкий спектр оброблюваних матеріалів і розмірів заготовки, товщина яких може становити більше 200 мм;
- висока продуктивність різання листових матеріалів, товщина яких більше 8 мм, а також можливість різання пакету тонких листів;
- автоматизація процесу різання, траєкторія якої програмується системою ЧПК з точністю 0,1 мм;
- відсутність на оброблюваній поверхні оплавлення, поверхневого зміцнення і деформування матеріалу заготовки;
- відсутність розривів у структурі матеріалу і збереження початкових властивостей матеріалу.

Гідроабразивна струмінь прорізає більшість твердих матеріалів за один прохід. На верстатах з ЧПК для гідроабразивного різання заготовок розмірами до $600 \times 1000 \text{ мм}$ дискретність програмованих переміщень по осях X, Y, Z становить 0,001 мм, а точність позиціонування $\pm 0,005 / 1000$ [36].

Однак цей процес має також і недоліки. До числа недоліків, зумовлених специфікою процесу різання належать дефекти, одержуваного на деталі контуру. Дефекти геометрії контуру виникають в результаті викривлення струменя при проходженні через товщину матеріалу оброблюв. заготовки (рис. 2.2).

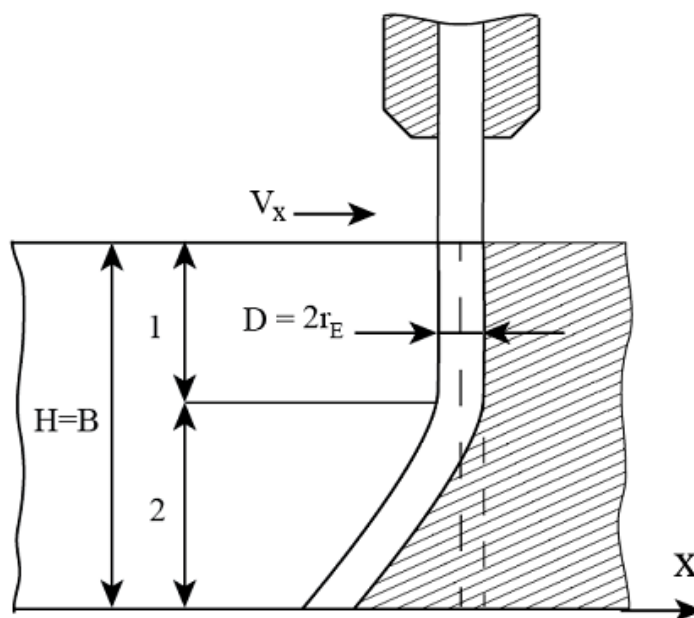


Рисунок 2.2 – Схема викривлення гідроабразивного струменя в товщині матеріалу заготовки.

У міру проходження гідроабразивного струменя через товщину матеріалу заготовки його кінетична енергія зменшується, в результаті чого відбувається викривлення осі струменя.

Якщо на початку різку на ділянці 1 вісь струменя має геометрію прямої лінії, то в кінці різку на ділянці 2 вісь струменя викривлюється, що призводить до утворення зони відхилень (рис. 2.2), які по горизонталі можуть становити $\Delta_{ц} = 1 \dots 14 \text{ мм}$ [36].

2.2 Програма і методика теоретичних та експериментальних досліджень

Викривлення осі ріжучого гідроабразивного струменя при проходженні товщини матеріалу заготовки приводить до того, що на площині основи заготовки залишається невивірний матеріал, як це зображено на рис. 2.3.

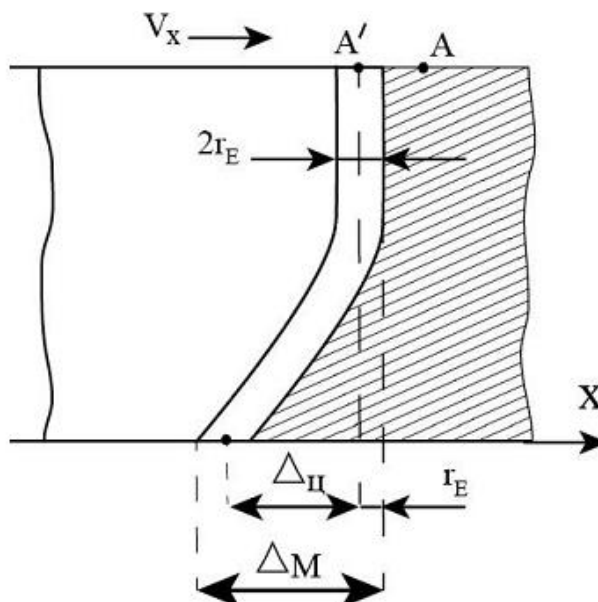


Рисунок 2.3 – Схема поверхні невибраного матеріалу на нижній площині заготовки.

У результаті переміщення струменя з подачею V_x в задану опорну точку A розмір невибраного матеріалу Δ_M в напрямку осі X складе:

$$\Delta_M = \Delta_{\text{Ц}} + 2r_E, \quad (2.1)$$

де $\Delta_{\text{Ц}}$ – відхилення центру струменя в напрямку подачі;

r_E – радіус гідроабразивного ріжучого струменя.

В опорній точці A , яка визначає вершину кута траєкторії різання, напрямок руху подачі ріжучого струменя змінюється на V_y . У результаті подальшого переміщення струменя в напрямку осі Y також утворюється не обраний матеріал, розмір якого визначається відповідно до виразу (2.1).

Таким чином, при проходженні кута спряження площу невибраного матеріалу на площині основи заготовки визначається сектором кола з центром в точці A , радіус якої R становить:

$$R = \Delta_{\text{Ц}} + 2r_E \quad (2.2)$$

У свою чергу, площа сектора невибраного матеріалу заготовки S_M визначається виразом:

$$S_M = 0,25 \pi R^2,$$

і з урахуванням (2.2)

$$S_M = \frac{1}{4} \pi (\Delta_{\text{Ц}} + r_E)^2 \quad (2.3)$$

Для остаточного видалення матеріалу, який залишається після основного проходу, і забезпечення необхідної геометричної точності кута спряження двох поверхонь заготовки пропонується в точці вершини кута А ввести автоматичний цикл для дооброблення матеріалу в куті спряження (рис. 2.3).

Суть циклу до оброблення матеріалу заготовки в куті спряження двох поверхонь полягає в тому, що при досягненні гідроабразивним струменем точки А здійснюється реверс подачі V_x і зворотне переміщення ріжучого струменя в точку К з робочою подачею G01 на величину невідбраного матеріалу Δ_m (рис. 2.4 а). У результаті при початковій високій ріжучій здатності гідроабразивного струменя відбувається зняття матеріалу, що залишився. З метою скорочення витрат часу, повернення центру струменя в точку А здійснюється на прискореній подачі G00.

При поверненні в точку А включається робоча подача (G01) в напрямку V_y і відбувається переміщення центру струменя в точку L, розташовану від точки А на відстані Δ_m . Після цього аналогічно в точці L здійснюється реверс робочої подачі V_y і зворотне переміщення струменя (G01) в точку А.

У результаті відбувається видалення матеріалу, що залишився, в напрямку осі Y. Потім на прискореній подачі G00 струмінь повертається в точку L, від якої на робочій подачі V_y (G01) триває цикл різання заданого контуру.

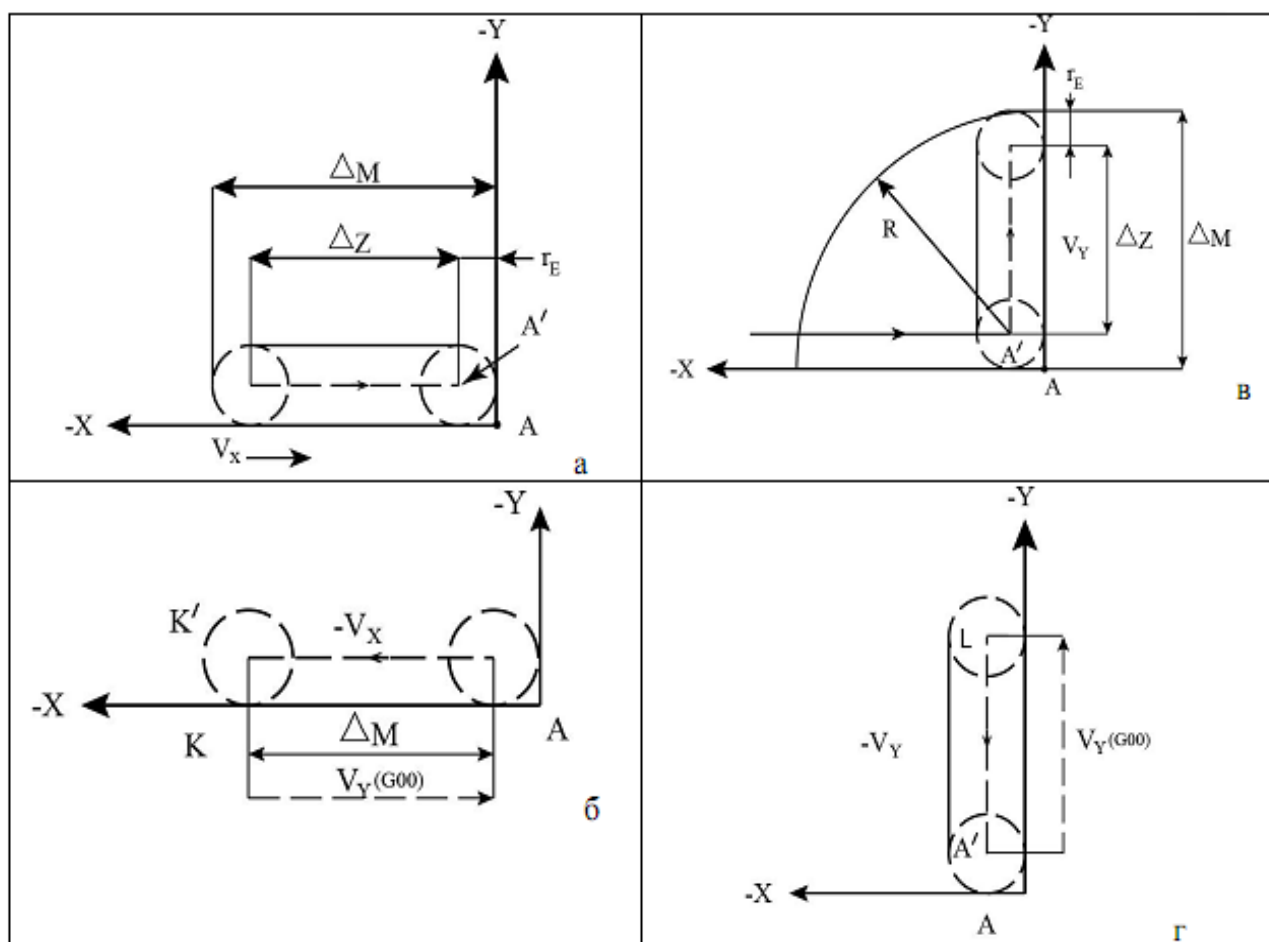


Рисунок 2.4 – Схема переміщення центру гідроабразивного струменя в циклі дооброблення кута спряження.

Таким чином, цикл дооброблення кута виконується з використанням двох додаткових технологічних опорних точок - К (для координати X) і L (для координати Y). Координати цих точок наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Координати кута дооброблення матеріалу заготовки.

Технологічні опорні точки	Координати додаткових опорних точок	
	по осі X	по осі Y
точка К	$X_K = X_A - \Delta_M$	$Y_K = Y_A$
точка L	$X_L = X_A$	$Y_L = Y_A + \Delta_M$

2.3 Оброблення результатів досліджень

У процесі проходження гідроабразивного струменя від верхньої точки перерізу зрізаного шару заготовки до нижньої відбувається гасіння кінетичної енергії і як наслідок зміна динамічних і геометричних властивостей ріжучого струменя. У результаті цього виникають відхилення форми поперечного перерізу різь, а саме утворення на кромці різь конусності, овальності (рис. 2.5), а також поява «запилів» на кутах вирізаного контуру.

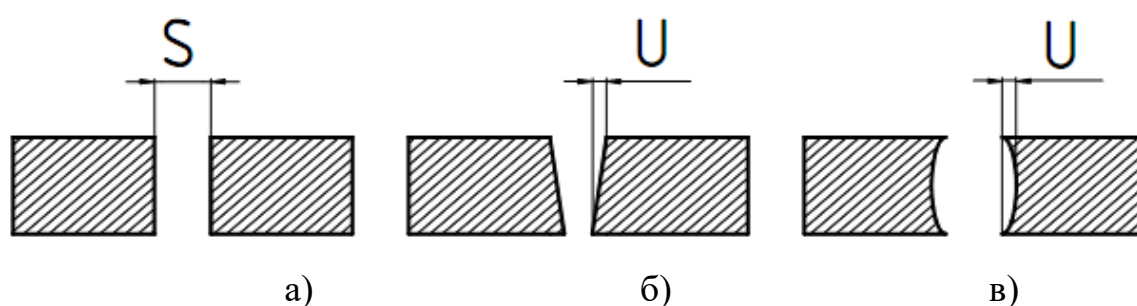


Рисунок 2.5 – Типові форми поперечного перерізу різь при різних умовах процесу різання: а) оптимальна швидкість різання; б) швидкість різання вище оптимальної; в) різання матеріалу великої товщини (більше 30 мм).

При високій швидкості різання виникає нахил кромки - відхилення від перпендикулярності (рис. 2.5 б). Відхилення кута нахилу кромки характеризується величиною U , яка залежить від швидкості різання, а також від типу і товщини матеріалу і лише незначно від діаметра ріжучого струменя і технологічних параметрів верстата, на якому здійснюється оброблення. У свою чергу при різанні матеріалу великої товщини в перетині різь виникає овальність (рис. 2.5 в).

Завдання забезпечення необхідної точності кромки різь обумовлює необхідність визначення для кожного типу і товщини матеріалу оптимальної програмованої контурної швидкості різання. При заданні в керуючій програмі верстата з ЧПК оптимальної швидкості різання нахил кромки буде відсутній, що означає досягнення однакової ширини S різь по всьому програмованого контуру оброблення деталі (рис. 2.5 а).

Важливим технологічним параметром гідроабразивного різання є якість поверхні кромки різь, яка суттєво залежить також від параметрів шорсткості, які необхідно досягнути. Отримувана шорсткість поверхні кромки різь залежна від

швидкості різання, від типу і товщини оброблюв. матеріалу і в незначній мірі від діаметра D ріжучого струменя.

На практиці оцінку якості поверхні кромки різку здійснюють з використанням п'яти категорій от Q1 до Q5.

Прийняті категорії якості Q1 ... Q5 враховують не тільки шорсткість поверхні, але також і відхилення геометричної форми U , включаючи відхилення кута нахилу кромки різку, спотворення кутів контуру j , а також дефекти t_1 / t_2 поч. і кінця різку. Чисельні значення розглянутих відхилень для кожного з п'яти категорій якості (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Чисельні значення відхилень для різних категорій якості поверхні різку

Категорія якості	Шорсткість $Ra, \text{мм}$	Нахил/спотворення форми кромки різку $U, \text{мм}$	Спотворення кута $j, \text{мм}$	Дефекти початку і кінця різку t_1 / t_2
Q5	3,2	< 0,05	< 0,25	< 0,1
Q4	6,3	< 0,10	< 0,7	< 0,25
Q3	12,5	< 0,20	< 1,5	< 0,5
Q2	25	< 0,30	< 3,0	< 1,0
Q1	50	> 0,30	> 3,0	> 1,0

Таким чином, якість утвореною поверхні зрізу, продуктивність обробки, стійкість і ефективн. впливу ріжучого струменя забезпечу. оптимальним вибором ряду параметрів, що визначають режим гідроабразивного різання. До числа таких регульованих параметрів відносяться:

- тиск і витрата води, що подається;
- витрата і розмір частинок абразиву;
- зазор між соплом і оброблюваним матеріалом;
- швидкість переміщення сопла по контуру різку.

На основі проведеного аналізу методами математичного моделювання встановлені залежності швидкості переміщення сопла по контуру різку від товщини оброблюв. матеріалу. Залежності отримані для типових матеріалів таких як нержавіюча сталь і алюміній. Залежності отримані для чотирьох діапазонів швидкості гідроабразивного різання:

- 100% швидкості, яка забезпечує роздільний різ;
- 70% швидкості, що забезпечує задовільне різання;
- 50% швидкості, що забезпечує якісне різання;
- 25% швидкості, що забезпечує точне прецезійне різання.

2.4 Аналіз і узагальнення отриманої інформації

На основі практичних рекомендацій були проведені дослідження з їх систематизації та виявлення функціональних зв'язків між якістю одержуваної поверхні різ, товщиною оброблюваного матеріалу і режимами гідроабразивного різання. Результати досліджень дозволяють використовувати отримані залежності для визначення і задання в керуючій програмі верстатів з ЧПК режимів оброблення, що забезпеч. досягнення необхідної якості поверхні різ з найбільшою можливою продуктивністю.

Нижче наведені графіки і таблиці, що встановлюють залежність швидкості переміщення сопла по контуру різ від товщини оброблюв. матеріалу для нержавіючої сталі та алюмінію.

У табл. 2.3 наведені дані отримані в результаті систематизації рекомендованих режимів гідроабразивного різання нержавіючої сталі, що забезпеч. досягнення необх. рівнів якості поверхні різ.

Таблиця 2.3 – Режими гідроабразивного різання нержав. сталі.

Товщин а різу H , <i>мм</i>	Швидкість різання для чорирьох діапазонів забезпечення якості різ, <i>мм/хв</i>			
	100 %	70 %	50 %	25 %
1	2700	1890	1350	675
2	1850	1295	925	463
3	1200	840	600	300
5	833	583	417	208
10	455	318	227	114
15	290	203	145	73
20	208	146	104	52
25	159	111	80	40

Закінчення табл. 2.3

30	125	88	63	31
40	90	63	45	23
50	60	42	30	15
60	42	29	23	11
70	32	22	16	8
80	27	19	14	7
90	24	17	12	6
100	22	15	11	6

На основі табл. 2.4, побудований графік рекомендованих режимів гідроабразивного різання нержав. сталі.

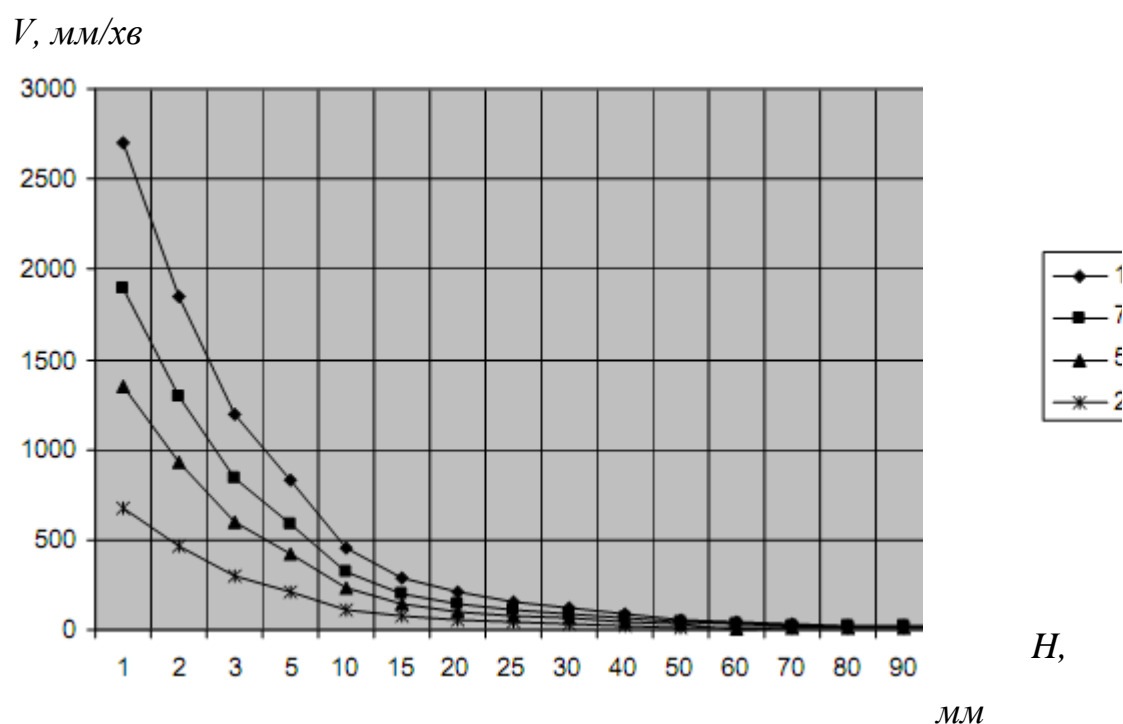


Рисунок 2.4 – Режими гідроабразивного різання нержавіючої сталі.

Використовуючи методи матаналізу графічні залежності (рис. 2.4), були визначені функцією:

$$V = \frac{1}{a + bH}, \quad (2.4)$$

де H – товщина різання.

Отримані в результаті систематизації рекомендовані режими гідроабразивного різання алюмінію в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Режими для гідроабразивного різання алюмінію

Товщина різу H , мм	Швидкість різання для чорирьох діапазонів забезпечення якості різку, мм/хв			
	100 %	70 %	50 %	25 %
1	8000	5600	4000	2000
2	5000	3500	2500	1250
3	3500	2450	1750	875
5	2200	1540	1100	550
10	1226	858	613	307
15	782	547	391	196
20	561	393	281	140
25	427	299	214	107
30	339	237	170	85
40	241	169	121	60
50	162	113	81	41
60	115	81	58	29
70	87	61	44	22
80	71	50	36	18
90	63	44	32	16
100	59	41	30	15

За даними, наведеними в табл. 2.4, побудовані графіки рекомендованих режимів гідроабразивного різання алюмінію (рис. 2.5).

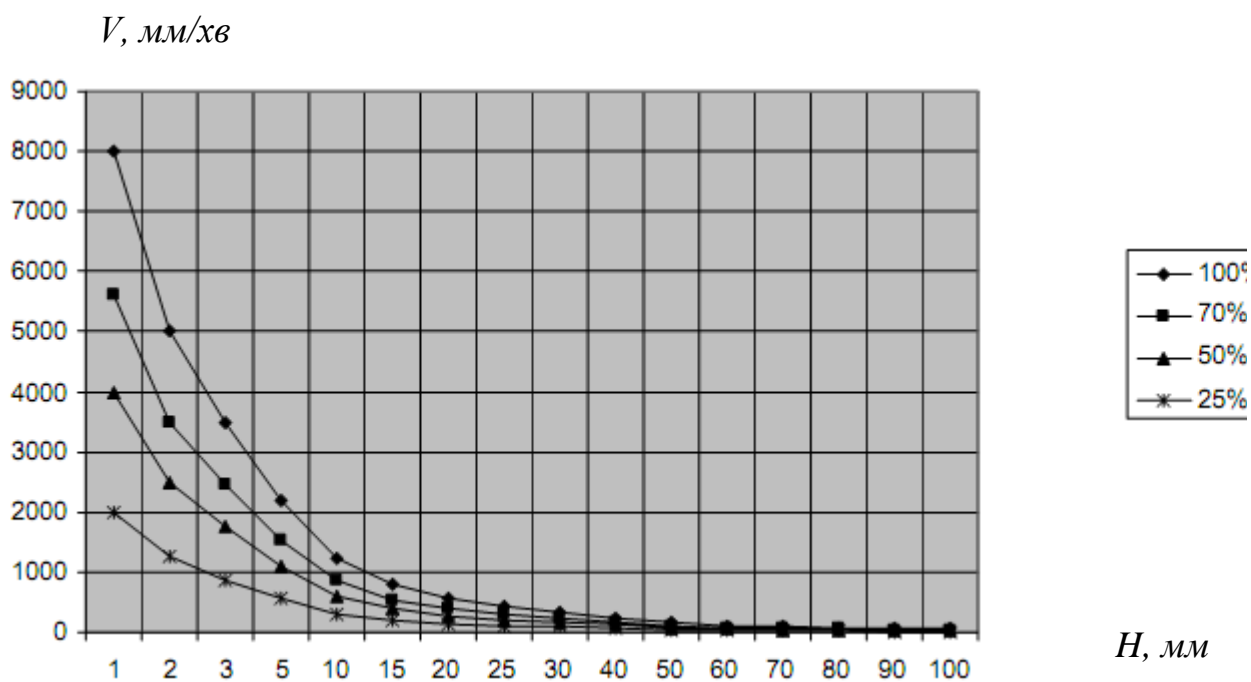


Рисунок 2.5 – Режими гідроабразивного різання алюмінію.

2.5 Висновки та пропозиції щодо використання результатів виконаних досліджень

1. Встановлено, що відхилення контуру різку, обумовлені викривленням осі гідроабразивного струменя в результаті втрати її кінетичної енергії при проходженні товщини оброблюв. матеріалу мають систематичний характер і можуть бути мінімізовані або повністю усунені шляхом програмування корекції траєкторії підведення і відведення ріжучого струменя.

2. Для видалення матеріалу, що залишається в порожнинах загот., і досягнення необх.геометричної точності кута спряження суміжних поверхонь запропонованій автоматичний цикл дооброблення цих кутів спряження для гідроабразивного різання.

3. На основі практичних рекомендацій та проведених досліджень отримані математичні залежності, що встановлюють зв'язок між швидкістю переміщення сопла по контуру різку і товщиною оброблюваного матеріалу. Залежності, отримані для типових матеріалів нержавіючої сталі та алюмінію, можуть бути використані для призначення в керуючій програмі верстата режимів обробки.

Отримані на основі практичних рекомендацій і теоретичних досліджень залежності, що встановлюють зв'язок між швидкістю переміщення головки і товщиною матеріалу різку можуть бути використані для обробки й інших матеріалів таких як граніт, керамічних виробів й інших.

3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва, аналіз його технологічності

Деталь Корпус ПЕКДД-4P8.030.03 є несучою підвісною деталлю пневмоелектроклапана дистанційної дії (ПЕКДД), призначеного для дистанційного керування пневматичними приводами виконавчих силових механізмів.

Дана деталь кріпиться необробленою нижньою площиною до корпусу механізму керування за допомогою двох болтів М6-6g через два отвори Ø6,5 Н12 з шорсткістю поверхні $Ra = 2,5$ мкм.

Технічні вимоги, висунуті до деталі, згідно з робочим кресленням, повністю відповідають службовому призначенню деталі.

Допуски розмірів, параметри шорсткості, допуски форми та взаємного розміщ. поверхонь, пояснюються необхідністю забезпечення високої точності роботи механізму.

Деталь виготовляється на базовому підприємстві із заготовки, яка одержана поковкою, третьої групи контролю штамповок. Штамповочні нахили становлять не більше 7° . Зміщення в площині роз'єму не більше 0,6 мм. В заготовці допускається залишок облою після обрізування по контуру до 1 мм.

Конфігурація контуру деталі не викликає затруднень. Непаралельність базових площин не перевищує 0,4 мм. Радіуси скруглень всіх переходів складають $R = 5$ мм. Термооброблення – гартування при температурі $(495 - 505)^\circ\text{C}$ у воді та штучне старіння при $(150 - 165)^\circ\text{C}$ на протязі 6 год.

Середньорічний випуск електроклапанів ПЕКДД складає 35000 штук.

В цілому деталь є технологічною. До всіх поверхонь, за виключенням отворів Ø3 Н12 під кутом 73° , 5-ти отворів Ø2 Н12, є вільний доступ інструменту.

Всі оброблювані поверхні дають можливість високопродуктивного механічного оброблення, в тому числі і на багатоопераційних верстатах з використанням інструментів достатньо жорстких типів. Жорсткість деталі достатня і дає можливість застосовувати багато інструментальне оброблення.

Розміри і розміщення кріпильних отворів Ø6,5 Н12 дають можливість провести оброблення багатошпіндельними головками.

Отвори з найбільшою точністю мають розміри $\varnothing 15 \text{ H}8$ і $\varnothing 24 \text{ H}8$, вони виконані з шорсткістю поверхні $Ra = 2,5 \text{ мкм}$ не потребують використання дорогих операцій для оброблення (хонінгування, шліфування), оброблюються поверхні в три переходи.

Не технологічними є всі ступінчасті отвори, так як вони глухі та при їх обробленні потрібні занижені режими різання, а при нарізанні різі – ступінчасте пристосування.

Не технологічними є також отвори $\varnothing 3 \text{ H}12 \times 65 \text{ мм}$, під кутом 27° і $\varnothing 3 \text{ H}12 \times 68 \text{ мм}$, під кутом 73° , так як їх довжина становить більше ніж трьох діаметрів і також потрібні знижені режими різання.

До не технологічних слід віднести оброблення 5-ти отворів $\varnothing 2 \text{ H}12$, так як вони розміщені під кутами до базової поверхні.

Для забезпеч. заданої точності поверхні деталі і виконання техніч. вимог на її виготовл. необхідно утворення постійних баз. Приймаємо два отвори $\varnothing 6,5 \text{ H}12$, підвищуємо жорсткість і точність виготовлення до 8-го квалітету і виконуємо їх оброблення на початку механіч. оброблення деталі в цілому. Після цього оброблення всіх поверхонь проходить при базуванні по цих двох отворах. В цілому конструкція корпусу технологічна для любых типів виробництва.

Коефіцієнт точності оброблення.

Даний коефіцієнт визначається за формулою:

$$K_{m.o.} = 1 - \left(\frac{1}{A_{cp}} \right); \quad (3.1)$$

де A_{cp} – середній квалітет точності;

$$A_{cp} = \frac{1n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 19n_{19}}{19}; \quad (3.2)$$

де n – число поверхонь деталі відповідної точності;

$$A_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{304}{30} = 10,13;$$

$$K_{m.o.} = 1 - \left(\frac{1}{10,13} \right) = 0,901.$$

Оскільки $K_{m.o.} = 0,901 > 0,8$, то по цьому показнику деталь є технологічною.

Таблиця 3.1 – Аналіз технологічності деталі за точністю

Квалітет точності, T_i	Кількість поверхонь, n_i	$T_i \times n_i$
6	3	18
7	3	21
8	5	40
9	1	9
12	18	216
Всього:	30	304

Коефіцієнт шорсткості поверхні:

$$K_m = \frac{1}{B_{cp}}; \quad (3.3)$$

де B_{cp} – середня шорсткість поверхні, яка визначається за визначеними параметрами Ra , мкм;

$$B_{cp} = \frac{50n_1 + 25n_2 + 12,5n_3 + \dots + 0,0125n_{14}}{\sum_{i=1}^{14} n_i}; \quad (3.4)$$

де n_i – число поверхонь деталі відповідної частоти.

Тоді

$$B_{cp} = \frac{\sum Ra_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{85}{34} = 2,5;$$

$$K_m = \frac{1}{2,5} = 0,4 < 0,5;$$

Дані технологічності деталі за шорсткістю наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Аналіз технологічності деталі за шорсткістю

Шорсткість Ra , мкм	Кількість поверхонь, n_i	$Ra \times n_i$, мкм
2,5	34	85

Отже, по цьому показнику деталь технологічна.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м.} = \frac{G_g}{G_{3g}}; \quad (3.5)$$

де G_g – маса деталі, $G_g = 0,55$ кг;

$G_{зб}$ – маса заготовки, $G_{зб} = 1,050$ кг;

$$K_{в.м.} = \frac{0,55}{1,050} = 0,52.$$

Провівши аналіз конструкції дет. на технологічність, для розроблення плану механіч. оброблення деталі, слід також провести аналіз базового ТП.

Матеріалом заготовки для даної деталі є деформівний алюмінієвий сплав марки АК8 ДСТУ 4784-74. Заготовка одержується методом штамповки у відкриті штампи нормальної точності, що дає можливість формувати зовнішню конфігурацію заготовки з розмірами максимально наближеними до розмірів готової деталі. Доцільно застосовувати безоблойне гаряче штампування в закриті штампи підвищеної точності, що понизить розхід металу, собівартість заготовки і припуски на механічне обробл. поверхонь деталі.

Проаналізувавши базовий ТП по операціях маршруту механіч. обробл. деталі, видно, що в існуючому ТП є ще ряд технологічних рішень, які слід вдосконалити, що дасть економічний ефект.

В цілому, аналізуючи технологічність конструкції деталі та її призначення, можна зробити висновки:

1. Дана деталь за критеріями точності, шорсткості та використання матеріалу є технологічна. Отримання заготовки не викликає труднощів.
2. До деталі не ставлять спеціальних вимог по жорсткості, чистоті оброблення, а це дає можливість використов. загально допустиме універсальне обладнання.
3. Використання великого типу універсального обладнання потребує оптимізації ТП.

Отже, необхідно розробити ТП з використ. універсального обладнання, що дасть можливість повністю об'єднати деякі операції базового ТП.

Головною задачею даної кваліфікаційної роботи є порівняння базового і проектного ТП механіч. оброблення деталі, зниження металомісткості заготовки, зменшення часу на оброблення поверхонь деталі, розрахунок прогресивних режимів різання, припусків на оброблення деталі, розробку спеціального пристосування для оброблення деталі та спеціального інструменту.

3.2. Розроблення маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення виробу

3.2.1 Укрупнене визначення та аналіз типу та організаційної форми виробництва

Значення коеф. закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P}; \quad (3.6)$$

Тип виробництва визначаємо орієнтовно.

Оскільки очевидно, що завантаження обладнання буде малим, то необхідно дозавантажити його аналогічними операціями при обробленні інших деталей. Тоді к-сть операцій закріплених за одним робочим місцем визначаємо за формулою

$$O_{р.м.} = \frac{60 \cdot F_m \cdot K_{з.о.} \cdot \eta_n}{T_{ш.к.} \cdot N_m}; \quad (3.7)$$

де F_m – місячний фонд часу роботи обладнання при двохзмінному режимі:

$$F_m = \frac{1015}{12} = 334,5 \text{ год};$$

Визначаємо програму запуску виробів за формулою:

$$N_з = N_г \cdot \left(1 + \frac{\alpha T}{100}\right); \quad (3.8)$$

де $N_г$ – кількість деталей, які потрібно виготовити на протязі року,

$$N_г = 35000 \text{ штук};$$

αT – процент технологічних витрат, $\alpha T = 0,2\%$.

$$N_з = 35000 \cdot \left(1 + \frac{0,2}{100}\right) = 35070 \text{ штук.}$$

Середньомісячний випуск продукції:

$$N_m = \frac{35070}{12} = 2923 \text{ штук.}$$

При попередньому значенні коефіцієнта $K_{з.о.}$, $T_{ш.к.}$ визначається за укрупненими нормативами [6], а к-ість робочих місць – за базовим варіантом з врахуванням запланованого вдосконалення технологічного маршруту.

$$T_{ш.к.} = T_o \cdot \varphi_k \quad (3.9)$$

Результати розрахунку зводимо в таблицю 3.1, Додаток А.

Коефіцієнт закріплення операції:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O_{p.n.}}{P} = \frac{56}{11} = 5,1.$$

При $1 < K_{з.о.} < 10$ виробництво відноситься до великосерійного.

Існують 2 форми організац. вир-цтва ТП – групова і потокова. Приймаємо групову форму організації. К-сть дет. в партії при одночасному запуску П = 415 штук.

3.2.2 Вибір та техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки

Згідно базового ТП деталь виготовляється із алюмінієвого сплаву АК8 ДСТУ 4784-74 методом штампування у відкритому штампі.

В собівартості штамповок метал складає 68%. Бачимо, що найбільш ефективний напрямок зниження собівартості штамповок є зниження затрат на метал, останнє залежить від методу штампування.

В базовому варіанті виробництва, заготовка була одержана облойним гарячим штампуванням у відкриті штампи нормальної точності, при якій в облой відходить 20-25% металу, великі штампувальні нахили, зменшують механічні властивості у зв'язку з присутністю обрізного облою, а також збільшують припуски для подальшого механічного оброблення.

Найбільш прогресивний спосіб отрим. заготовки є спосіб гарячого безоблойного штампування підвищеної точності в закритих штампах. Цей спосіб дає можливість одержати більш точну заготовку з мінімальними припусками для подальшого механічного оброблення, за рахунок чого зменшується основний час операцій при обробленні зовнішніх поверхонь заготовки, а також, що саме головне, збільшується коеф. використ. металу.

Порівняємо два методи одержання заготовки:

- методом штампування нормальної точності у відкриті штампи, що застосовується в базовому технологічному процесі;
- методом штампування підвищеної точності у закриті штампи.

Показники для порівняння собівартості виготовлення заготовки по двох варіантах заносимо в табл. 3.2, Додаток А.

Вартість заготовки отриманих цими способами визначається

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{вих}}}{1000}; \quad (3.10)$$

Маса готової дет. згідно креслення деталі $q = 0,55$ кг.

Коефіцієнти визначаємо згідно [4, ст. 34-37], відповідно:

– для першого способу

$$k_m = 1,0, k_c = 0,92, k_g = 1,33, k_n = 4,87, k_n = 1;$$

– для другого способу

$$k_m = 1,05, k_c = 0,92, k_g = 1,33, k_n = 4,87, k_n = 1;$$

Маса використаного матеріалу на заготовку:

– для першого способу $Q_1 = 1,05$ кг;

– для другого способу $Q_2 = 0,705$ кг.

Вартість заготовки:

– для першого способу

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{3730}{1000} \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 1,33 \cdot 1 \cdot 4,87 \right) - (1,05 - 0,55) \cdot \frac{3000}{1000} = 2,18 \cdot 10^6 \text{ грн};$$

– для другого способу

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{3730}{1000} \cdot 0,705 \cdot 1,05 \cdot 0,92 \cdot 1,33 \cdot 1 \cdot 4,87 \right) - (0,705 - 0,55) \cdot \frac{3000}{1000} = 1,6 \cdot 10^6 \text{ грн};$$

Виходячи із вище приведених розрахунків приймаємо для подальшої розробки поковку підвищеної точності в закриті штампи із алюмінієвого деформованого сплаву АК8 ДСТУ 4784-74.

3.2.3 Вибір технологічних і вимірювальних баз

Вибір технологіч. баз – це один із відповідальних етапів в розробленні ТП, так як він визначає точність оброблення та конструкцію пристосув. Неправильний вибір баз часто приводить до ускладн. конструкції пристосув., з'являється брак і збільшується допоміжний час на встановлення та зняття деталі.

При виборі баз користуються такими основними принципами: принцип суміщення баз; принцип постійності баз; бази повинні забезпечувати стійкість і надійність установки заготовки; при зміні баз переходимо від менш точної до більш точної бази; якщо деталь повністю не обробляється, в якості чорнових застосовуються площини, які не обробляються.

Використовуючи ці принципи, в якості чорнових баз, при обробленні двох отворів Ø6,5 Н8 приймаємо оброблену нижню площину, що позбавляє заготовку трьох ступенем вільності та зовнішніх поверхонь двох необроблених бобишок Ø22 мм, що позбавляє заготовку ще трьох ступенем вільності. При такому базуванні деталь позбавлена шести ступенем вільності.

У всіх інших операціях в якості баз використовується нижня площина корпусу, що позбавляє заготовку трьох ступеней вільності та два отвори Ø6,5 Н8, що позбавляє заготовку ще трьох ступенем вільності. При такому базуванні деталь позбавлена всіх шести ступенем вільності.

3.2.4 Формування маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення деталі

Вибір варіанту ТП для заданих умов обробл. деталі здійснюється на основі співставлення за собівартістю виготовлення, трудомісткості оброблення, а також коефіцієнту використання матеріалу декількох варіантів її виготовлення.

Базовий та проектний варіанти маршрут механіч. оброблення деталі наведені в табл. 3.3, Додаток А.

Перш ніж вибрати остаточне рішення про метод та послідовність оброблення окремих поверхонь деталі та розробити операційні карти механічного оброблення необхідно провести розрахунок економічної ефективності окремих варіантів і вибрати найбільш раціональний з них для заданих умов

виробництва. Критерієм оптимальності є мінімум приведених витрат на одиницю продукції.

При оцінці економічної ефективності нової техніки і технологічних процесів ефективнішим буде той варіант, в якого сума поточних і приведених затрат капітальних вкладень на одиницю продукції буде мінімальною. В цю суму входять: заробітна плата операторам і наладчикам, витрати на утрим. та експлуатац. машин і виробничої площі, плата за фонди.

Собівартість кожного варіанту:

$$C_m = \frac{C_{n.z.} \cdot T_{шт.к.}}{60 \cdot K_g}; \quad (3.11)$$

де $C_{n.z.}$ – приведені годинні витрати по основним елементам технологічної собівартості, гр.;

K_g – коефіцієнт виконання норм, приймаємо $K_g = 1,3$.

Величина часових приведених затрат визначається за формулою:

$$C_{n.z.} = C_z + C_{ч.з.} + E_n \cdot (K_g + K_б); \quad (3.12)$$

де C_z – основна і допоміжна заробітна плата з нарахуванням, коп./год;

$C_{ч.з.}$ – годинні витрати по експлуатації робочого місця, коп./год;

E_n – нормативний коеф. економіч. ефектив. капітальних вкладень, в машинобудуванні $E_n = 0,15$;

$K_g, K_б$ – питомі годинні кап. вкладення відповідно в верстат і в будівлю, коп./год.

Порівняємо два варіанти оброблення ступінчастого отвору М12×1-6Н; Ø17; 11,2 Н12; Ø8Н9 потім підрізка торця в розмір 42 Н12 і оброблення поверхні Ø43 Н12; Ø26 Н12; М30×1-8г.

1 варіант (проектний) – послідовне оброблення на токарно-револьверному верстаті 1К341.

2 варіант (базовий) – послідовне оброблення на токарно-гвинторізному верстаті 1К62.

Два варіанти оброблення двох ступінчастих отворів Ø17,2 Н12; Ø14,2 Н12; М14×1,5-6Н; Ø14,2; Ø6 Н12, площини двох бобишок в Ø22 в розмір 42 Н12.

1 варіант (проектний) – послідовне оброблення вертикально-свердлильно-фрезерно-розточному напівавтомат 243ВМФ2.

2 варіант (базовий) – послідовне оброблення на токарно-гвинторізному верстаті 1К62.

У результаті порівняння величини приведених часових затрат проектного та базового варіантів технологічного маршруту механічного оброблення деталі можна зробити висновок, що доцільніше використання 1-ого варіанту (проектного). Приймаємо його для подальшого розроблення.

3.2.5 Визначення припусків на оброблення та розмірів заготовки

Розрахунок припусків проводимо на дві поверхні розрахунково-аналітичним методом.

Розраховуємо припуски на оброблення і проміжний граничний розмір оброблення поверхні $\varnothing 29,89_{-0,14}$ для нарізання різі М30×1-8g.

Як було прийнято раніше, заготовка представляє собою штамповку підвищеної точності. Технологічний маршрут оброблення складається із двох переходів, чорного і чистового обточування. Базами для заготовки є нижня площина корпусу і два технологічних отвори $\varnothing 6,5$ Н8.

Розрахунок припусків на обробл. поверхні $\varnothing 29,89_{-0,14}$ приведено в табл. 3.4, Додаток А.

Значення Rz і T , що характериз. якість поверхні штампованих деталей, складають відповідно $Rz = 150$ мкм, $T = 200$ мкм [4, табл. 4.3]. Після 1-го технологіч. переходу значення Rz і T [4, табл. 4.5], для чорного точіння $Rz = 30$ мкм, $T = 30$ мкм.

Сумарне значення просторов. відхилень для загот. даного типу:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{кор}^2 + \Delta_{зм}^2}; \quad (3.13)$$

Величину короблення враховують, як в діаметральному так і в осьовому січенні:

$$\Delta_{кор} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2}; \quad (3.14)$$

де Δ_k – питома короблення заготовки, приймаємо $\Delta_k = 1,5$;

d , l – відповідно діаметр і довжина отвору; $d = 30$ мм, $l = 8$ мм.

$$\Delta_{кор} = \sqrt{(1,5 \cdot 30)^2 + (1,5 \cdot 8)^2} = 47 \text{ мкм.}$$

Зміщення в даному випадку обумовлено неточністю розміщення необроблюваної зовнішньої поверхні $\varnothing 29,89_{-0,14}$ за рахунок похибка базування при обробл. рівна допуску на розмір 22 згідно ДСТУ 7505-74 для заготовки підвищеної точності $\delta = 12000$ мкм.

$$\delta = \Delta_{зм} = 12000 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{47^2 + 1200^2} = 1201 \text{ мкм.}$$

Кінцеве відхил. після чорнов. точіння:

$$\Delta_1 = 0,06 \cdot \Delta_{зм}; \quad (3.15)$$

Похибка встановлення при чорновому точінні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2}; \quad (3.16)$$

де ε_{δ} – похибка базування, при базуванні по двом отворах $\varnothing 6,5H8$, похибка базув. рівна найбільшому зазору між отворами і штирями.

$$S_{\max} = S_A + S_B + S_{\min}; \quad (3.17)$$

$$S_{\max} = 22 + 15 + 13 = 50.$$

ε_3 – похибка закріплення, $\varepsilon_3 = 120$ мкм [12, табл. 4.13];

$$\varepsilon_1 = \sqrt{50^2 + 120^2} = 130.$$

Похибка встановлення при чистовому точінні:

$$\varepsilon_2 = 0,06 \cdot \varepsilon_1 + \varepsilon_{інд}; \quad (3.18)$$

де $\varepsilon_{інд}$ – похибка індексації револьверної головки;

$$\varepsilon_2 = 0,06 \cdot 130 + 50 = 58.$$

Мінімальний припуск визначається:

$$2Z_{\min} = 2 \left(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right); \quad (3.19)$$

– при чорновому точінні:

$$2Z_{\min} = 2 \left(150 + 200 + \sqrt{1201^2 + 130^2} \right) = 2 \cdot 1558 \text{ мкм};$$

– при чистовому точінні:

$$2Z_{\min} = 2 \left(50 + 50 + \sqrt{72^2 + 58^2} \right) = 2 \cdot 193 \text{ мкм}.$$

Розрахунковий розмір dp :

$$dp_2 = 29,75 + 2 \cdot 0,192 = 30,136 \text{ мм};$$

$$dp_1 = 30,136 + 2 \cdot 1,558 = 33,252 \text{ мм}.$$

Значення припусків Z_{\min}^{np} та Z_{\max}^{np} :

– для чистового точіння:

$$Z_{\min_2}^{np} = 30,14 - 29,75 = 390 \text{ мкм};$$

$$Z_{\max_2}^{np} = 30,47 - 29,89 = 580 \text{ мкм};$$

– для чорнового точіння:

$$Z_{\min_1}^{np} = 33,3 - 30,14 = 3160 \text{ мкм};$$

$$Z_{\max_1}^{np} = 34,5 - 30,47 = 4030 \text{ мкм}.$$

Загальні припуски $Z_{o\min}$ та $Z_{o\max}$:

$$2Z_{o\min} = 390 + 3160 = 3550 \text{ мкм};$$

$$2Z_{o\max} = 580 + 4030 = 4610 \text{ мкм}.$$

Загальний номінальний припуск:

$$Z_{o\text{ ном}} = Z_{o\min} + B_3 + (-B_o); \quad (3.20)$$

$$Z_{o\text{ ном}} = 3550 + 400 - 250 = 3700 \text{ мкм}.$$

$$d_{o \text{ ном}} = d_{c \text{ ном}} + Z_{o \text{ ном}};$$

$$d_{o \text{ ном}} = 30 + 3,7 = 33,7.$$

По розрахунках будемо схему графічного розміщення припусків і допусків при обробленні поверхні $\varnothing 29,89_{-0,14}$ мм, рис. 3.1.

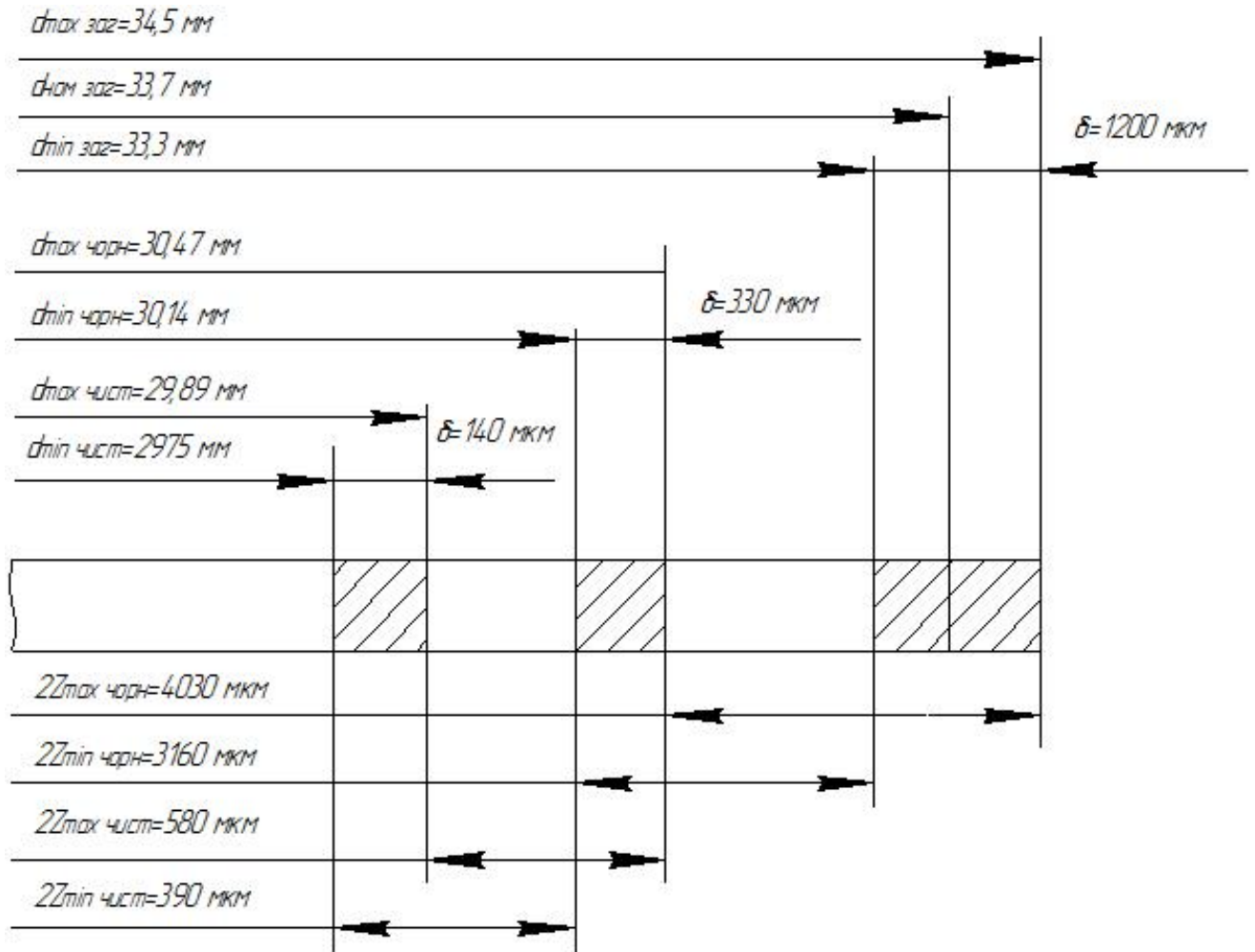


Рисунок 3.1 – Схема графічного розміщення припусків і допусків при обробленні поверхні $\varnothing 29,89_{-0,14}$ мм

Проводимо перевірку розрахунків:

$$Z_{\max_2} - Z_{\min_2} = 580 - 390 = 190;$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 330 - 140 = 190;$$

$$Z_{\max_1} - Z_{\min_1} = 4030 - 3160 = 870;$$

$$\delta_o - \delta_1 = 1200 - 330 = 870.$$

На інші оброблювані поверхні призначаємо припуски табличним методом за ДСТУ 7505-74. Дані вносимо в таблицю 3.5, Додаток А.

3.2.6 Вибір різального, вимірного та допоміжного інструменту

Вибір різального та вимірного інструменту проводимо згідно рекомендації, враховуючи дані по інструменту в існуючому ТП. Результати вибору оформляємо у вигляді табл.3.6, Додаток А.

3.2.7 Визначення режимів різання та технічних норм часу

Розрахунок режимів оброблення аналітичним способом виконуємо для однієї операції, а для інших операції режими оброблення призначаємо по нормативам з врахуванням поправочного коефіцієнту.

Операція 010. Вертикально-свердлильна.

Операція виконується на вертикал.-свердлил. верстаті 2Н118. Деталь базується по нижній площині корпусу і двом технологічним отворам Ø6,5 Н8. Розрахуємо режими оброблення для свердління отвору Ø3Н12 на довжину $l = 84 \pm 0,43$ мм.

Призначаємо режими оброблення.

Подачу для свердління алюмінієвого сплаву Ø 4 мм згідно [12, табл. 7, ст. 662] приймаємо $S = 0,10$ мм/об. Корект. подачу по паспорту верстата $S = 0,10$ мм/об.

Осьова сила:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p; \quad (3.21)$$

Значення коеф. C_p і показн. степені приведено в [18, табл. 32, ст. 271].

$$C_p = 9,8; \quad q = 1,0; \quad y = 0,7.$$

Коефіцієнт, $K_p = K_{mp}$ за [18, табл. 15, ст. 263], $K_{mp} = 2,75$.

Звідси:

$$P_o = 10 \cdot 9,8 \cdot 3^{1,0} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 1,33 \cdot 2,75 = 215.$$

Признач. період стійкості свердла за [18, табл. 30, ст. 280], для свердла $\varnothing 5$ мм при обробленні алюмінієвого сплаву свердлом із швидкоріжучої сталі рекомендовано період стійкості $T = 20$ хв.

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v ; \quad (3.22)$$

де C_v – коефіцієнт, $C_v = 36,3$ [18, ст. 27, табл. 28];

T – стійкість інструменту (різця), приймаємо $T = 20$ хв;

y, m – показники степені, $y = 0,55$; $m = 0,125$;

K_v – коеф., який є добутком коеф., що врахов. вплив матеріалу загот. $K_{mv} = 0,8$, стану поверхні $K_{mv} = 1$ і радіуса при вершині різця $K_r = 0,6$.

Тоді:

$$K_v = 0,8 \cdot 1 \cdot 0,6 = 0,48.$$

$$V = \frac{36,3 \cdot 3^{0,25}}{20^{0,125} \cdot 0,1^{0,55}} \cdot 0,48 = 55,95 \text{ м / хв};$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}; \quad (3.23)$$

де d – діаметр оброблення, $d = 3$ мм;

$$n = \frac{1000 \cdot 55,95}{3,14 \cdot 3} = 5936 \text{ об / хв.}$$

Коректуємо частоту обертання шпинделя по паспортним даним верстата $n_\phi = 2800$ об/хв.

Дійсна швидкість:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000}; \quad (3.24)$$

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 3 \cdot 2800}{1000} = 26,39.$$

Крутний момент від сили різання:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p; \quad (3.25)$$

Із [18, ст. 281, табл. 32]:

$$C_m = 0,005; \quad q = 2,0; \quad y = 0,8; \quad K_p = 2,75.$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,005 \cdot 3^{2,0} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 2,75 = 0,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Потужність різання:

$$N_{різ} = \frac{M_{кр} \cdot n_{кр}}{9750}; \quad (3.26)$$

$$N_{різ} = \frac{0,2 \cdot 2800}{9750} = 0,06 \text{ кВт}.$$

Оброблення можливе, якщо виконується умова:

$$N_{різ} \leq N_{ум}$$

Потужність на шпинделі верстата:

$$N_{ум} = N_m \cdot \eta; \quad (3.27)$$

У верстаті моделі 2Н118: $N_m = 1,5 \text{ кВт}; \quad \eta = 0,8;$

$$N_{ум} = 1,5 \cdot 0,8 = 1,2.$$

Відповідно оброблення є можливим.

Основний час:

$$T_o = \frac{L}{S \cdot n}; \quad (3.28)$$

де $L = l + y + \Delta$ – при нормальній заточці свердла, мм;

$$y = 0,3D = 0,3 \cdot 3 = 1 \text{ мм};$$

$\Delta = 0$ – перебіг при глибокому свердлінні;

$$L = 84 + 1 + 0 = 85;$$

$$T_o = \frac{85}{2800 \cdot 0,10} = 0,304 \text{ хв}.$$

Зведемо всі режими оброблення в таблицю 3.7, Додаток А.

Технічні норми часу встановлюємо розрах.-аналітич. методом. При масовому виробництві визначається норма часу:

$$T_{ум} = T_o + T_\delta + T_{об} + T_{відп}; \quad (3.29)$$

При серійному виробництві додатково розраховується підготовчо-заклучний час $T_{н.з.}$ і штучно-калькуляційний час $T_{ш.к.}$.

$$T_{ш.к.} = T_{ум} + \frac{T_{н.з.}}{n}; \quad (3.30)$$

де n – к-сть детал. в партії.

Норми часу визначаються в такій послідовності.

1. На основі визначених режимів оброблення по кожному переходу визначається основний час T_o .

2. По змісту кожного переходу встановлюється необх. комплекс прийомів і допоміжної роботи, встановлюється час на встановл. і зняття заготовки t_b , час на управління верстатом t_y , час на вимірювання t_v , визначається допоміжний час T_d з врахуванням можливих переконань.

3. Залежно від операцій і обладнання встановлюється час на обслуговув. робоч. місця $T_{об}$, куди входить час на техніч. t_f і організац. t_o обслугово-ування робоч. місця, а також встановлюється час на фізичні потреби $T_{відп}$.

4. Визнач. норма штучного часу $T_{ум}$,

5. Визнач. підготовчо-заклучний $T_{н.з.}$ і штучно-калькуляційний час $T_{ш.к.}$.

Розраховуємо норму штучно-калькуляц. часу для операції 015 – вертикально-фрезерна.

Для даної операції:

$$T_o = 2,315 \text{ хв};$$

$$T_{н.з.} = 18 \text{ хв} [8, \text{ ст. } 80];$$

$$T_{вс} = 0,33 \text{ хв} [8, \text{ ст. } 45];$$

$$T_{з.в.} = 0,03 \text{ хв} - \text{ час на закріплення} [8, \text{ ст. } 48];$$

$$T_{о.пр} = 0,06 \text{ хв} - \text{ час на очистку пристосування від стружки} [8, \text{ ст. } 50];$$

$$T_{вс} + T_{з.в.} + T_{о.пр} = (0,53 + 0,03 + 0,06) / 2 = 0,21.$$

Час на прохід при фрезеруванні фрезою встановленої на розмір [8, ст. 79] при довж. стола до 1250 мм – 0,15 хв.

Час на прийоми, пов'язані з переходами – 0,045 хв. Перемістити стіл в поперечному напрямку на довжину до 500 мм – 0,10 хв.

$$T_{en} = (0,15 + 0,045 + 0,10) / 2 = 0,1475.$$

Час затрачений на управління перебивається основн. часом.

Допоміжний час:

$$T_{\partial} = 0,21 + 0,1475 = 0,3575 \text{ хв.}$$

Оперативний час:

$$T_{on} = 0,3575 + 2,3125 = 2,67 \text{ хв.}$$

Час на обслуговув. робоч. місця:

$$T_{об.он} = \frac{2 \cdot 67 \cdot 8}{100} = 0,2136 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час

$$T_{шт.к.} = \frac{18}{415} + 2,67 + 0,2136 = 2,927 \text{ хв.}$$

3.3. Визначення кількості обладнання. Розроблення планів компонування цеху та розміщення обладнання на ділянці

Вибір верстатного обладнання є важливим завдань при розробці ТП механіч. оброблення заготовок. Від правильного його вибору залежить продуктивність виготовлення деталі, економічне використання виробничих площ, електроенергії і в підсумку собівартості виробництва.

Виходячи з того, що раніше ми прийняли групову форму організації виробництва, доцільніше для нашого випадку групувати трудомісткість за видами операцій та обладнання.

Отже, на основі розробленого ТП отримаємо наступну структурну таблицю обладнання і часу, таблиця 3.8, Додаток А.

Розрахунок необхід. к-сті обладнання для кожної операції визначається за формулою:

$$T_p = \frac{T_{ш.к.} \cdot n}{60 \cdot \Phi_0 \cdot K_g}; \quad (3.31)$$

Φ_0 – прийнята кількість змін, $\Phi_0 = 4015$ год;

Коефіцієнт завантаження верстату:

$$\eta_3 = \frac{T_p}{T_n}; \quad (3.32)$$

де T_n – прийнята кількість обладнання;

T_p – розрахункова кількість обладнання.

Визначаємо кількість необхідних верстатів і коефіцієнти для кожної операції.

Кількість вертикально-свердлильних 2Н118

$$T_p = \frac{2,921 \cdot 35000}{60 \cdot 4015} = 0,53; \text{ приймаємо } T_n = 1$$

$$\eta_3 = \frac{0,52}{1} = 0,53;$$

Кількість вертикально-фрезерних 6Р11

$$T_p = \frac{2,8836 \cdot 35000}{60 \cdot 4015} = 0,52; \text{ приймаємо } T_n = 1$$

$$\eta_3 = \frac{0,52}{1} = 0,52;$$

Кількість токарно-револьверних 1К341

$$T_p = \frac{8,587 \cdot 35000}{60 \cdot 4015} = 1,4; \text{ приймаємо } T_n = 1$$

$$\eta_3 = \frac{1,4}{2} = 0,7;$$

Кількість вертикально-свердлильно-фрезерно розточних 243ВМФ2

$$T_p = \frac{9,005 \cdot 35000}{60 \cdot 4015} = 1,42; \text{ приймаємо } T_n = 1$$

$$\eta_3 = \frac{1,42}{2} = 0,71;$$

Визнач. середній коеф. завантаження всього верстатного парку:

$$\eta_{з.сп} = \frac{\sum \eta_z}{6} = \frac{0,53+0,52+0,7+0,71}{6} = 0,62\%.$$

Коефіцієнт використ.обладнання по основному часі:

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{шт.к.}}; \quad (3.33)$$

де T_o – основний час групи операцій по виду робіт;

$$\eta_{o_1} = \frac{1,16}{3,07} = 0,4\%; \quad \eta_{o_2} = \frac{2,312}{2,927} = 0,79 \approx 0,8\%;$$

$$\eta_{o_3} = \frac{3,838}{8,789} = 0,44\%; \quad \eta_{o_4} = \frac{2,905}{9,303} = 0,32\%.$$

Середній коеф. завантаження по часу:

$$\eta_{o.сп} = \frac{\sum \eta_o}{4} = \frac{0,4+0,44+0,8+0,32}{4} = 0,5\%.$$

При груповій формі організації праці дільниця проектується як предметно-замкнута, тому для цього необхідно підбір типових деталей і використовувати при виготовленні теж саме обладнання, в кількості, щоб забезпечити нормальне завантаження обладнання.

Обладнання дозавантажуємо іншими деталями до коефіцієнту завантаження $\eta_3 = 0,75\%$.

Будуємо графіки завантаження обладнання та його використання за основним часом, відповідно рис. 3.2, 3.3.

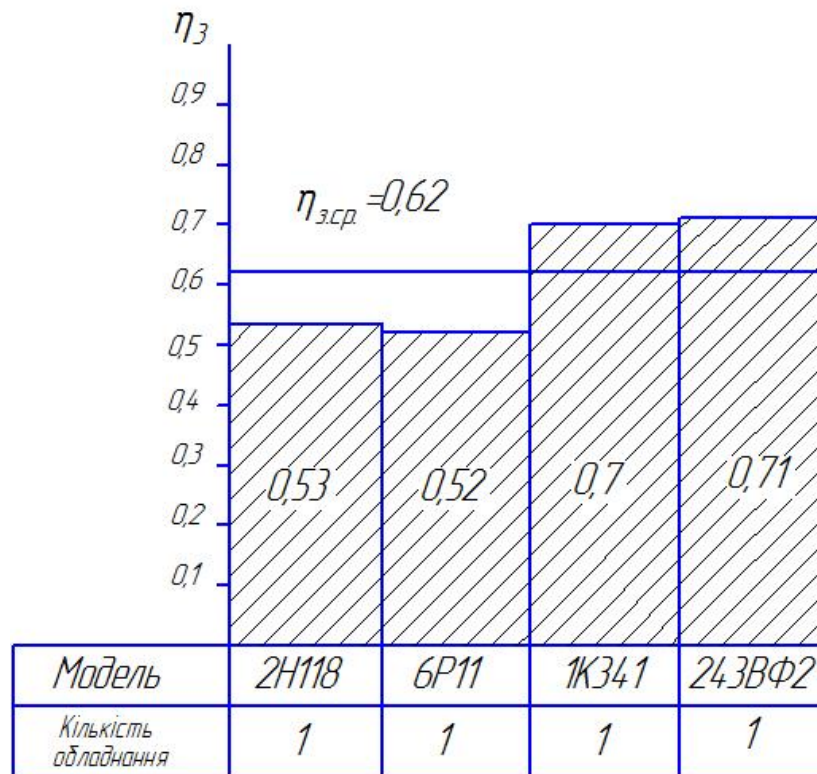


Рисунок 3.2 – Графік завантаження обладнання

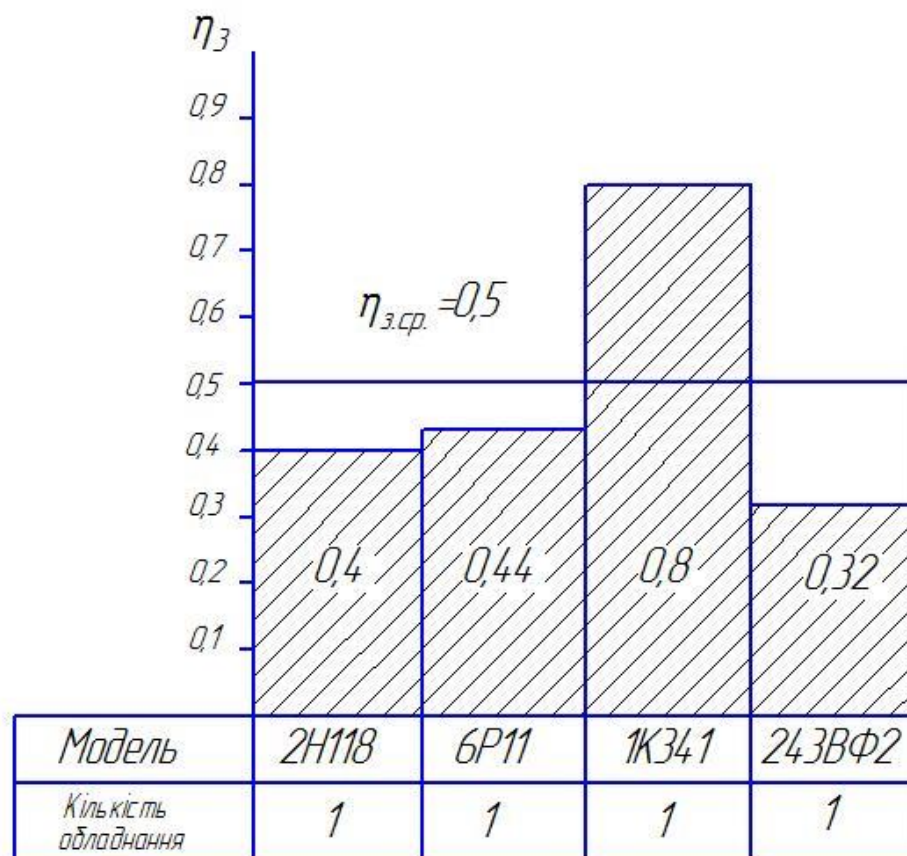


Рисунок 3.3 – Графік використання обладнання за основним часом

Компоновочний план цеху механічного оброблення виробу – це схематич. план на якому зображують основні та допоміжні відділення цеху. На ньому за допомогою основних позначень наносимо сітку колон, основні стійки, проїзди, технологіч.розміри. Для проєктованої будівлі цеху пропонуємо наступну сітку колон, рис. 3.4:

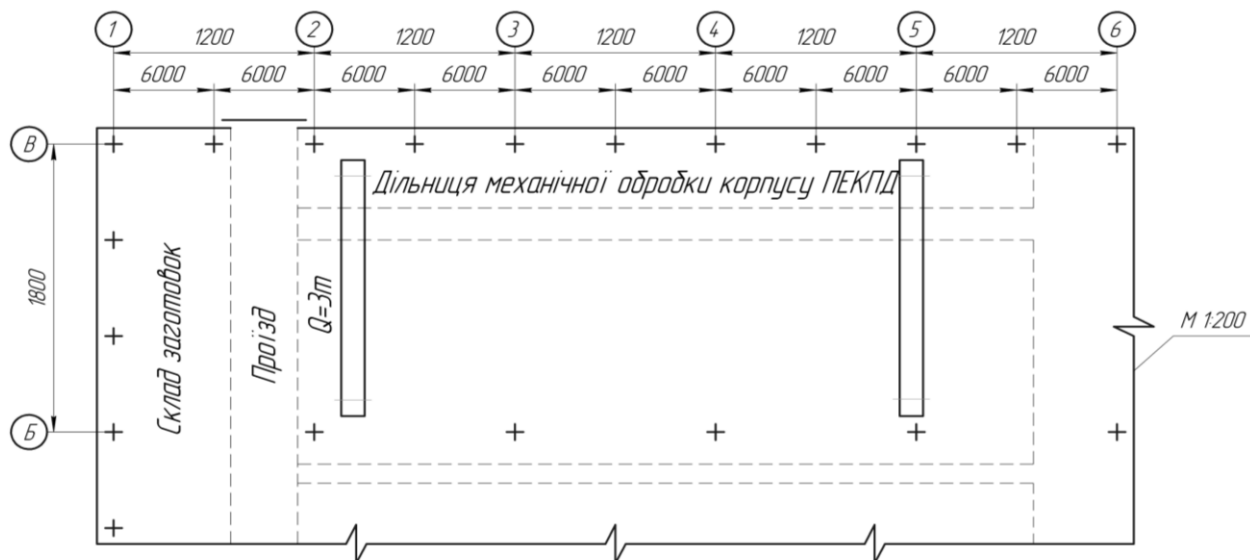


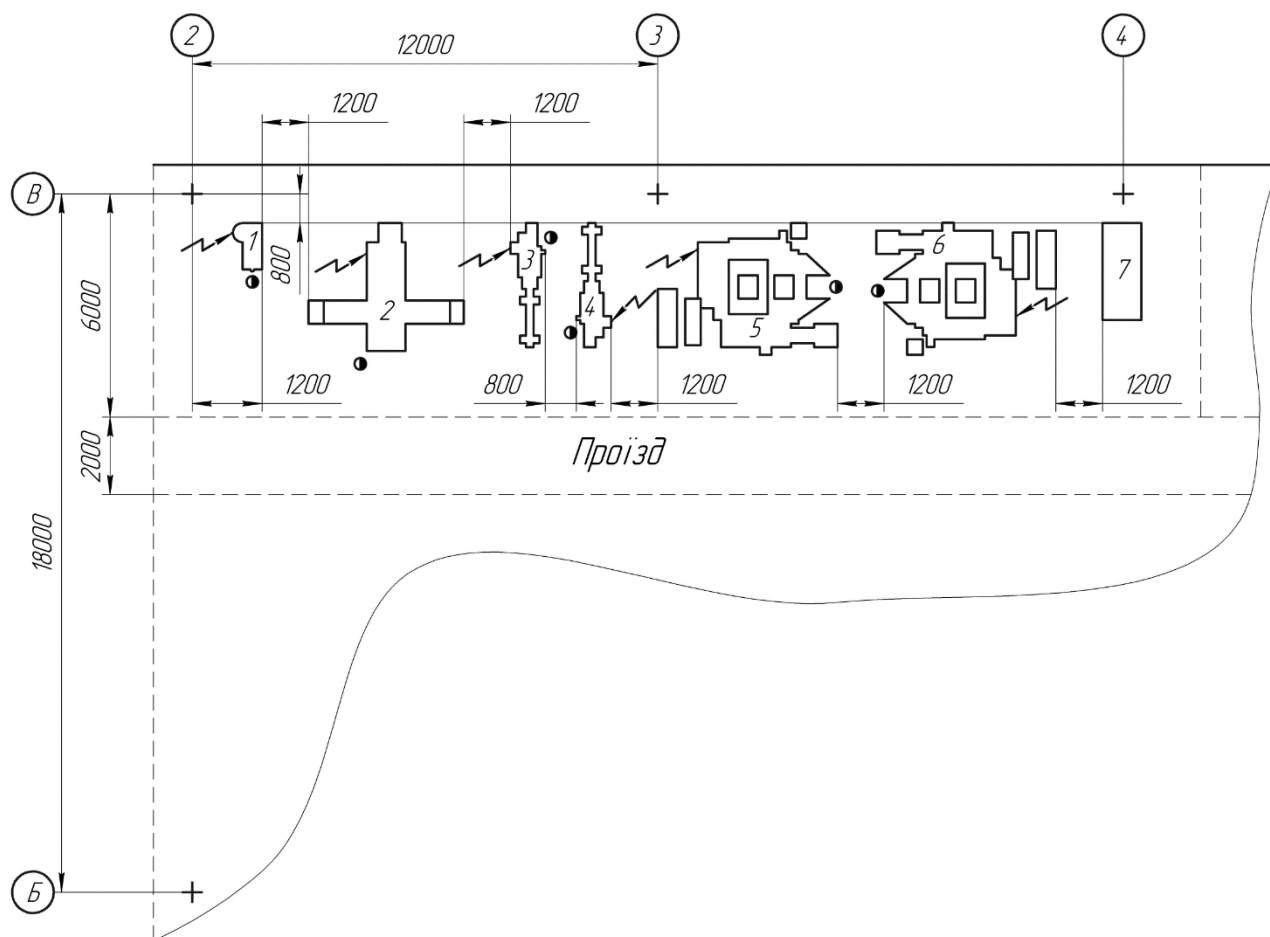
Рисунок 3.4 – Сітка колон для проєктованого цеху.

Розробка плану розміщ. робочих місць виконуємо у відповідності з компоновочним планом, рис. 3.5. Координаційні вісі будівлі на плані розміщення обладнання зберігають позначення, прийняті на компоновочному плані. Планування робочих місць розроблено на дільницю.

На плані розміщення обладнання за допомогою умовних позначень показуємо: будівельні елементи, межі дільниці, технологічне обладнання, резервні місця під обладнання, місця для технологічного контролю предметів праці. Підйомно-транспортне обладнання, місця робітників, проїзди і проходи. Промисловий підвід рідких і газоподібних речовин.

Обладнання на дільниці розміщуємо у відповідності з прийнятим великосерійним типом виробництва. Розташовуємо обладнання, проходи і проїзди так, щоб вони гарантували зручність і безпечність роботи, зручність подачі заготовок та інструментів, зручність збирання відходів. План розміщення обладнання пов'язаний із підйомно-транспортними засобами, які застосовуються. на плані передбачені найкоротші шляхи переміщення заготовок і деталей в процесі виробництва, включаючи зворотні рухи, рис. 3.5.

Конструктивно приймаємо відстань від проїзду до фронтальної сторони верстату – 1000 мм; відстань між верстатами – 800 мм, крім того для електрокарів приймаємо ширину проїзду 3 метри.



Умовні позначення

- місце працівника
- ⚡ споживач електроенергії

- 1 – 2Н118 вертикально-свердлильний верстат.
- 2 – 6Р11 вертикально-фрезерний верстат.
- 3, 4 – 1К341 токарно-револьверний верстат.
- 5, 6 – 243ВМФ2 вертикально-свердлильний фрезерно-розточний з ЧПК верстат.
- 7 – НО-151-00 вертикально-слюсарний верстат.

Рисунок 3.5 – Схема розміщення обладнання на ділянці механіч. обробл. корпусу ПЕКДД-4Р8.030.03.

3.4 Конструювання спеціального оснащення та інструментів

3.4.1 Проектування кондуктора для оброблення двох отворів Ø 6,5 Н8

1. Вибір схеми базування деталі, установочних елементів і схеми закріплення

Оброблення двох отворів Ø 6,5 Н8 проходить одночасно із застосуванням комбінованого спеціального інструменту на вертикально-свердлильному верстаті 2Н118 із застосуванням двохшпindelної свердлильної головки.

Вибір і обґрунтування технологічних баз при обробленні проведено в пункті 3.2.3 даної записки. При обробленні двох отворів Ø 6,5 Н8 деталь базується по нижній площині, що позбавляє заготовку трьох ступеней вільності і зовнішніх поверхнях двох необроблених циліндрів Ø 28 мм, що позбавляє заготовку 3-х ступеней вільності.

За прийнятим базуванням розробляємо принципову схему базування деталі із дотриманням правил. Опори і базові елементи показуємо у відповід. з ДСТУ 3.1107-87 зі схемою базування суміщаємо схему закріплення деталі. На ній вказуємо де і в яких місцях будуть прикладені сили затиску.

В якості установчих елементів пристосування приймаємо:

– для встановлення деталі нижньою площиною корпуса приймаємо пластину;

– для встановлення деталі по двох поверхнях циліндрів Ø 22 мм приймаємо площину, що має форму призми $\alpha = 90^\circ$.

Схема базув. і закріпл. деталі при її встановленні в кондукторі зображена на **рис. 3.4.**

2. Розрахунок точності оброблення

Похибка оброблення при виконання даної операції не повинна перевищувати поля допуску на одержаний розмір. Допустима сумарна похибка пристосування визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{дон}} = \delta - k \cdot \varpi; \quad (3.34)$$

де δ – поле допуску на розмір деталі, $\delta = 0,1 \text{ мм}$ на розмір 38 мм між осями отворів;

k – поправочний коефіцієнт, $k = 0,6$;

ϖ – точність оброблення на прийнятому верстаті відповідно [17 табл. 9 ст. 17]

$\varpi = 0,0042$ мм.

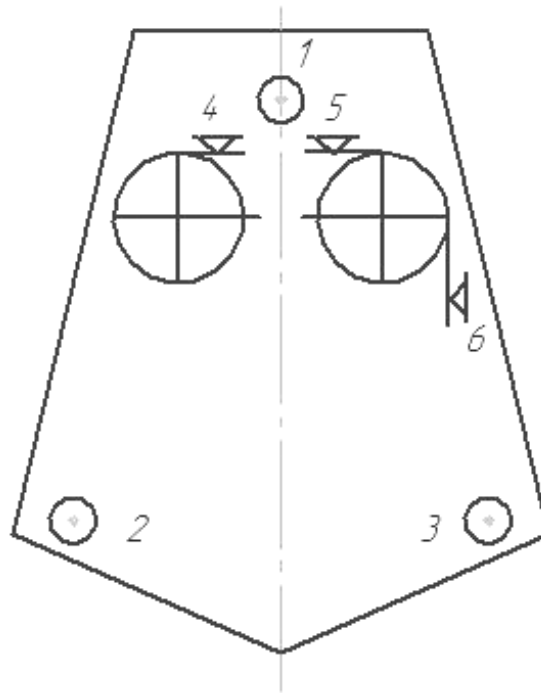


Рисунок 3.4 – Схема базування і закріплення деталі

Тоді допустима похибка оброблення:

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 0,1 - 0,6 \cdot 0,042 = 0,0748 \text{ мм.}$$

Похибка встановлення деталі в пристосуванні:

$$\varepsilon_{\text{в}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2}; \quad (3.35)$$

де $\varepsilon_{\text{б}}$ – похибка базування, на розміщення отворів при їх одночасному обробленні не впливає, мкм;

$\varepsilon_{\text{з}}$ – похибка закріпл. деталі в пристосуванні, яка також не враховується в нашому випадку, мкм;

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – похибка пристосування:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{yc}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2 + \varepsilon_{\text{в}}^2}; \quad (3.36)$$

де ε_{yc} – похибка, що характеризує неточність положення установочних елементів (кондукторних втулок), відповідно [10, ст. 19] $\varepsilon_{\text{yc}} = 15$ мкм;

ε_{zn} – похибка, що характеризує зношування установочних елементів пристосування, приймаємо зношування установочних елементів рівним точності оброблення на прийнятому верстаті $\varepsilon_{zn} = 42$ мкм;

ε_g – похибка, що враховує похибку пристосування на верстаті, відповідно [10, ст. 21] $\varepsilon_g = 10$ мкм.

Тоді:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{15^2 + 42^2 + 10^2} = 46 \text{ мкм.}$$

Так як $\varepsilon_{\delta} = 0$ і $\varepsilon_s = 0$, то $\varepsilon_{ec} = \varepsilon_{np} = 46 \text{ мкм} = 0,046 \text{ мм.}$

$\varepsilon_{ec} < \varepsilon_{доп}$, так як $0,046 \text{ мм} < 0,0748 \text{ мм.}$

Відповідно точність оброблення в пристосуванні забезпечується.

3. Розрахунок сил затиску деталі

Закріплення деталі при обробленні проводимо кондукторною плитою. При торцевому кріпленні заготовки в кондуктор не потрібно великого затискного зусилля. В цьому випадку сила затиску повинна забезпечити надійний зажим кондукторної плити до заготовки тільки в момент засверлювання. Під дією крутного моменту різання M деталь повертаємо навколо осі обертання. Цьому протидіє момент тертя $M_{тр}$ утвореною силою затиску, без урахування осьового зусилля:

$$P_{закр} = \frac{K \cdot M_{кр} \cdot n}{1/3 \cdot f \cdot D} + P_o \cdot K; \quad (3.37)$$

де K – коефіцієнт запасу;

$M_{кр}$ – крутний момент на одному свердлі, Н·м;

n – к-сть одночасно оброблюєв. отворів;

f – коефіцієнт тертя;

D – діаметр опорної площадки, м;

P_o – осьове зусилля, Н;

K – коефіцієнт запасу.

Осьове зусилля:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^g \cdot S^y \cdot K_p; \quad (3.38)$$

Значення коефіцієнту C_p і показн. степені приведені в [18, табл. 32, ст. 281].

$$C_p = 9,8; \quad g = 1,0; \quad y = 0,7.$$

$$P_o = 10 \cdot 9,8 \cdot 6,5^{1,0} \cdot 0,25^{0,7} \cdot 2,75 = 664 \text{ Н.}$$

Визначаємо крутний момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^g \cdot S^y \cdot K_p; \quad (3.39)$$

Із [18, табл. 32, ст. 281]: $C_m = 0,005$; $g = 2,0$; $y = 0,8$; поправочний коефіцієнт $K_p = 2,75$. Подача 0,25 мм/об.

Тоді:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,005 \cdot 6,5^2 \cdot 0,25^{0,8} \cdot 2,75 = 1,92 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Коефіцієнт запасу:

$$K = K_o \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6; \quad (3.40)$$

де $K_o = 1,5$ – коеф. гарантованого запасу;

$K_1 = 1$ – при свердлінні;

$K_2 = 1,15$ – при свердлінні алюмінію і розрахунку по крутному моменті;

$K_3 = 1$ – при неперервному різанні;

$K_4 = 1,2$ – при використанні пневмокамери;

$K_5 = 1,0$ – при зручному розміщенні ручки;

$K_6 = 1,0$ – при встановленні на пальці.

Тоді:

$$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 2,07;$$

$D = 75$ мм – із креслення деталі і конструкції пристосування;

$f = 0,25$ – при контакті опор з необробленими площинами.

Отже:

$$P_{закр} = \frac{2,07 \cdot 1,92 \cdot 10^3 \cdot 2}{1/3 \cdot 0,25 \cdot 75} + 2,07 \cdot 664 = 2646 \text{ Н.}$$

4. Розрахунок приводу пристосування

На рухому плиту зусилля передається безпосередньо від штока пневмокамери.

Зусилля на штоці при ККД механізму $\eta = 0,9$ враховуючи втрати на тертя в колонах:

$$Q = \frac{P_3}{\eta} = \frac{2646}{0,9} = 2490 \text{ Н}; \quad (3.41)$$

Приймаємо по [18, табл. 18, ст. 91] діаметр пневмоциліндра $D = 125 \text{ мм}$; приймаємо мембрану – ризинову. Діаметр опорної шайби $d = 80 \text{ мм}$, зусилля від двох зворотніх пружин $P_k = 100 \text{ Н}$.

Тоді зусилля на штоці при ході $0,07 D$ і тиску $P = 0,63 \text{ МПа}$:

$$Q = 0,147 \cdot (D + d)^2 \cdot P - P_k; \quad (3.42)$$

$$Q = 0,147 \cdot (125 + 80)^2 \cdot 0,63 - 100 = 3790 \text{ Н};$$

Тоді зусилля затиску:

$$P_3 = Q \cdot \eta = 3790 \cdot 0,9 = 3410 \text{ Н}.$$

Розрахунок елементів пристосування на міцність.

Проведемо розрахунок на міцність різьбового з'єднання, рухомої плити – штока пневмокамери.

Умова міцності різьбового з'єднання визначаємо за формулою:

$$\sigma_p = \frac{F}{\pi \cdot d_1^2 / 4} \leq [\sigma_p]; \quad (3.43)$$

де σ_p – розрахункове напруження розтягу.

Приймаємо для сталі 3 границю текучості $\sigma_m = 220 \text{ МПа}$.

Допустимий коеф. запасу міцності $[S] = 3$.

Тоді

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_m}{[S]} = \frac{220}{3} = 73,3 \text{ МПа}; \quad (3.44)$$

де F – зусилля діюче на різьбове з'єднання, $F = Q = 3790 \text{ Н}$.

Внутрішній діаметр для різі М18, прийнятий конструктивно $d_1 = 15,2 \text{ мм}$.

Тоді:

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_m}{[S]} = \frac{220}{3} = 73,3 \text{ МПа}.$$

5. Опис конструкції пристосування і принцип роботи

Пристосування встановл. на стіл вертикал.-свердлил. верстату 2Н118 корпусом і кріпиться за допомогою болтів, що встановлюється в два пази розміром 18В11.

В корпус вмонтована пневмокамера, що складається із діафрагми і штока закритих кришкою і закріплених за допомогою гвинтів. Для герметизації з'єднання кришка–шток встановлено кільце, в корпусі закріплені колони за допомогою гайок і шайб. На колонах переміщається нижня плита, в яку запресовані дві втулки, по яких проходить контакт з колонами. На плиту прикріплена плита за допомогою чотирьох гвинтів і двох штифтів.

Нижня плита нижня з'єднана зі штоком пневмокамери і зафіксована гайкою.

На колонах також закріплена верхня плита за допомогою гайок і шайб.

До верхньої плити прикріплена кондукторна плита за допомогою гвинтів і штифтів. В кондукторну плиту запресовані втулки кондукторні.

Закріплення проходить при подачі повітря в нижню площину пневмокамери, переміщенням нижньої плити в верх і затиску заготовки до кондукторної плити. При знятті тиску дві пружини повертають нижню плиту в початкове положення.

3.4.2 Проектування багатошпindelної свердлильної головки

1. Технічна характеристика головки

Багатошпindelна свердлильна головка застосовується для одночасної оброблення 2-х отворів $\varnothing 6,5$ Н8. Дана двохшпindelна свердлильна головка застосовується в комплекті з пневматичним кондуктором і встановлюється на вертикальносвердлильному верстаті моделі 2Н118.

Вихідні дані: $P_o = 664$ Н; $M_{кр} = 1,92$ Нм; $S = 0,25$ мм/об; $n = 1140$ об/хв.

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n_{\phi}}{9750} = \frac{1,92 \cdot 1140}{9750} = 0,225 \text{ кВт.}$$

При ККД верстата разом з свердлильною головою рівним $\eta = 0,7$ необхідна потужність електродвигуна верстата буде рівна:

$$N_{ел.д.} = \frac{N}{\eta} = \frac{2 \cdot 0,225}{0,7} = 0,643 \text{ кВт.}$$

Згідно визначеної потужності електродвигуна відповідає попередньо вибраний вертикальносвердлильний верстат моделі 2Н118.

Передаточне відношення головки $u = 1$.

Обертання шпindelя – праве.

Обертання шпindelя здійснюється за допомогою ексцентрикового механізму.

2. Визначення розмірів шпindelя і підбір підшипників

Діаметр ведучого валика центрального шпindelя знаходимо по величині крутного моменту:

$$d_1 = \sqrt{\frac{16 \cdot M_{кр}}{\pi \cdot [\tau]}}; \quad (3.45)$$

де τ – допустиме напруження кручення $[\tau] = 1500$ кгс/см².

$$M_{кр} = \frac{71620 \cdot N_{ел.д.}}{n} = \frac{71620 \cdot 0,643}{1140} = 41 \text{ кгс} / \text{см.}$$

Тоді:

$$d_1 = \sqrt{\frac{16 \cdot 41}{3,14 \cdot 1500}} = 4 \text{ см} = 40 \text{ мм.}$$

Із конструктив. міркувань прийм. діаметр ведучого ексцентрика під підшипник $\varnothing 15$ мм. Діаметр під підшипники опори $\varnothing 15$ мм. Діаметр ведених ексцентриків приймаємо рівним 12 мм. Діаметр хвостової частини робочих шпинделів визначаємо за [17].

$$D > 1,3 d = 1,3 \times 6,5 = 8,45 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр хвостової частини шпинделя $D = 15$ мм.

Підшипники вибираємо по діаметрах валів на які вони встановлюються.

Ведучий шпиндель:

Вибираємо роликпідшипник № 7204 ДСТУ 8338-75, для якого: $d = 20$ мм, $D = 47$ мм, динамічна вантажопідйомн. $C = 21$ кН, статична вантажо-підйомність $C_0 = 9$ кН. Кількість 2 шт.

Шарикопідшипник № 202 ДСТУ 8338-75, для якого: $d = 15$ мм, $D = 35$ мм, вантажопідйомн. динамічна $C = 7,8$ кН, статична – $C_0 = 3,55$ кН.

Ексцентрик:

Шарикопідшипник № 201 ДСТУ 8338-75, для якого: $d = 12$ мм, $D = 32$ мм, вантажопідйомність динамічна $C = 6,89$ кН, статична – $C_0 = 3,1$ кН.

Робочий шпиндель:

Шарикопідшипник № 202 ДСТУ 8338-75, для якого: $d = 15$ мм, $D = 35$ мм, вантажопідйомність динамічна $C = 7,8$ кН, статична – $C_0 = 3,55$ кН.

Приймаємо 2 шт.

Шарикопідшипник № 7204 ДСТУ 8338-75, для якого: $d = 20$ мм, $D = 40$ мм, динамічна та статична вантажопідйомність відповідно $C = 19,9$ кН та $C_0 = 3$ кН.

3. Конструкція свердлильної головки і принцип роботи

Головка кріпиться до верстату 2Н118 за допомогою фланця, болта і шайби. Основною деталлю головки є корпус в якому встановлені підшипники на яких встановлюються шпинделі. На шпинделі встановлені втулки на які встановлюються упорні підшипники. Фіксуються в осьовому напрямі шпинделя за допомогою корпусу і гвинтів.

В корпуси встановлюються цанги для кріплення інструменту і кріпиться за допомогою гайок. Для запобігання витікання масла і попадання бруду в підшипники, корпус закритий знизу кришками за допомогою гвинтів. В кришки вставлені сальники. В корпус запресовані направляючі втулки.

До підшипників прикріплені ексцентрики за допомогою гвинтів. На ексцентрик встановлений корпус, в якому встановлено 3 підшипники. Між підшипником і ексцентриком встановлені втулки. Корпус закритий кришкою, яка кріпиться болтами, гайками і шайбами. В кришку на двох підшипниках встановлений вал. Один кінець вала входить в підшипник, запресований в корпус. Між валом і корпусом встановлена втулка. До валу прикріплений держак за допомогою гвинтів, до яких кріпиться балансир за допомогою гвинтів. Зверху підшипниковий вузол закритий кришкою, в якій встановлений сальник. Кришка кріпиться за допомогою гвинтів. До кришки прикріплений фланець за допомогою болтів і шайб.

Привід на привідний вал здійснюється водилом, що встановлений в шпинделі верстату.

3.4.3 Проєктування пристосування для комплексного оброблення в операції 030

1. Вибір схеми базування деталі, установочних елементів і схеми закріплення.

Оброблення в операції 030 проходить на вертикально-фрезерно-свердлильно-розточному напівавтоматі 243ВМФ2. В операції проходить послідовно оброблення бокової площини в розмір $10 \pm 0,215$ і отвору $\varnothing 28,2Н12 \times \varnothing 24,2Н12 \times М24 \times 1,5-6Н$.

Вибір і обґрунтування технологічних баз при обробленні приведені в пункті 3.3 даної записки. Деталь базується по лінії площини, що позбавляє заготовку 3-х ступеней вільності по двох технологічних отворах $\varnothing 6,5$ Н8.

За прийнятою схемою встановлення деталі розробляємо принципову схему базування. Опори і базові елементи зображаємо у відповідн. з ДСТУ 3.1107-87. Із схемою базування суїщаємо схему закріплення деталі. На ній вказуємо де і в яких місцях будуть прикладені сили притискання.

В якості установочних елементів пристосування приймаємо:

– для встановлення деталі нижньою площиною корпуса приймаємо пластину;

– для встановлення деталі по двох отворах – гладкий і зрізаний пальці.

Схема базув. і закріпл. деталі на операції 030 зображена на рис. 3.4.

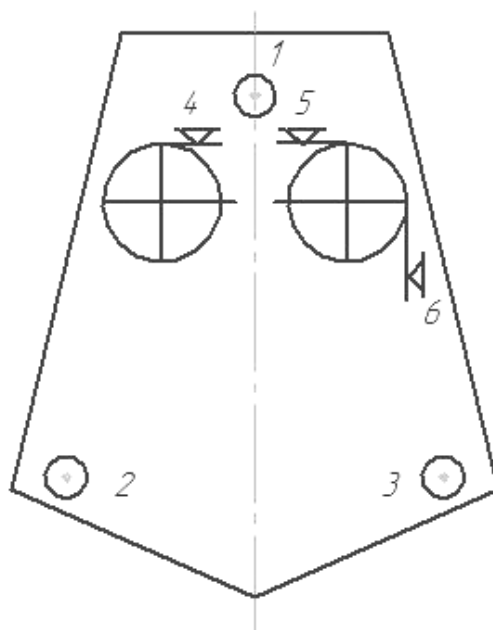


Рисунок 3.4 – Схема базування і закріплення деталі на операції 030.

2. Розрахунок точності оброблення

Похибка оброблення при виконанні даної операції не повинна перевищувати поля допуску на розмір.

Допустима сумарна похибка пристосування визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{дон}} = \delta - k \cdot \varpi; \quad (3.46)$$

де δ – поле допуску на розмір деталі, $\delta = 0,18$ мм на розмір 17 мм

k – поправочний коефіцієнт, приймаємо $k = 0,6$;

ϖ – точність оброблення на прийнятому верстаті відповідно [17, табл. 9 ст. 577]

$$\varpi = 0,004 \text{ мм.}$$

Тоді допустима похибка оброблення:

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 0,18 - 0,6 \cdot 0,04 = 0,156 \text{ мм.}$$

Похибка встановлення деталі в пристосув.:
 $\varepsilon_{\text{вс}}$

$$\varepsilon_{\text{вс}} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2}; \quad (3.47)$$

де ε_{δ} – похибка базув. при суміщенні баз, $\varepsilon_{\delta} = 0$;

ε_3 – похибка закріпл. заготовки в пристосув., $\varepsilon_3 = 120$ мкм згідно [4, табл. 4.12];

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – похибка пристосування, мкм:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{вс}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2 + \varepsilon_c^2}; \quad (3.48)$$

де $\varepsilon_{\text{вс}}$ – похибка, що характеризує неточність розміщення установочних елементів, згідно [10, ст. 19] $\varepsilon_{\text{вс}} = 15$ мкм;

$\varepsilon_{\text{зн}}$ – похибка, що характеризує зношування установочних елементів пристосування, приймаємо зношування установочних елементів пристосування рівним точності оброблення на прийнятому верстаті, $\varepsilon_{\text{зн}} = 40$ мкм;

ε_c – похибка, що виражає похибку розміщення пристосування на верстаті, згідно [10, ст. 21], $\varepsilon_c = 10$ мкм;

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{15^2 + 40^2 + 10^2} = 44 \text{ мкм};$$

Тоді

$$\varepsilon_{\text{вс}} = \sqrt{120^2 + 44^2} = 128 \text{ мкм.}$$

$\varepsilon_{\text{вс}} < \varepsilon_{\text{дон}}$, так як $0,128 < 0,156$.

Відповідно точність оброблення в пристосуванні забезпечується.

3. Розрахунок сил затиску заготовки

Відповідно [18, табл. 8, ст. 80] для схеми, сила різання направлена до опор, а складова R_2 може зміщувати заготовку в боковому напрямку:

$$P_3 = \frac{K \cdot R_2 + 0,5 \cdot R_1 \cdot (f_1 - f_2)}{f_1 + f_2}; \quad (3.49)$$

де $f_1 = f_2 = 0,25$ – при контакті заготовки необробленою площиною з опорами і затискним механізмом.

Тоді

$$P_3 = \frac{K \cdot R_2}{f_1 + f_2}; \quad (3.50)$$

де $R_2 = 0,95P_z$ при симетричному фрезеруванні;

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^{xp} \cdot S_z^{yp} \cdot B_u^u \cdot Z}{D^{gp} \cdot n^{wp}} \cdot K_p; \quad (3.51)$$

де $K_p = 2,75$ – визначено попередньо.

Значення коеф. C_p і показн. степеней вибираємо по [18, табл. 41, ст. 291] відповідно примітці як для сталі із введенням коефіцієнту 0,25.

$$C_p = 82,5; \quad y = 0,8; \quad \partial = 1,1; \quad X = 0,95; \quad u = 1,1; \quad w = 0.$$

Тоді P_z при $n = 1000$ об/хв, $S = 400$ мм/хв, $t = 2$ мм, $D_{fp} = 100$ мм, $z = 10$.

$$S_z = \frac{400}{10 \cdot 100} = 0,04 \text{ мм / зуб};$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 2^{0,95} \cdot 0,04^{0,8} \cdot 0,8^{1,1} \cdot 10}{100^{1,1} \cdot 1000^0} \cdot 0,25 \cdot 2,75 = 373 \text{ Н};$$

$$R_2 = 0,95 \cdot 373 = 355 \text{ Н}.$$

Коеф. запасу міцності:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6; \quad (3.52)$$

де $K_0 = 1,5$ – коеф. гарантов. запасу;

$K_1 = 1,2$ – при чорновому обробленні;

$K_2 = 1,6$ – при фрезеруванні торцевою фрезею;

$K_3 = 1,2$ – при перервному різанні;

$K_4 = 1,2$ – при використанні пневмоважільних систем;

$K_5 = 1,0$ – при вдалому розміщенні ручки;

$K_6 = 1,0$ – при встановленні на пластину і палець.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 4,15.$$

Зусилля затиску заготовки:

$$P_3 = \frac{4 \cdot 15 \cdot 355}{0,25 + 0,25} = 2947 \text{ Н.}$$

4. Розрахунок приводу пристосування

Сила затиску для даної схеми визначається за формулою, рис. 3.5:

$$P_3 = Q \cdot \frac{l_1}{l} \cdot \eta \cdot \left(1 - \frac{3 \cdot l_1 \cdot f}{H} \right) / \left[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_1 \right] - g;$$

де $l_1 = l = 110$ мм; $H = 100$ мм; $\alpha = 8^\circ$; $\varphi_{np} = \operatorname{arctg} \frac{d}{D} = \operatorname{arctg} \frac{10}{35} = 15,9^\circ$; $\varphi_1 = 6^\circ$;

$\eta = 0,85$ – ККД важільного механізму;

$g = 50$ Н – зусилля стиску пружини;

$f = 0,1$ – коеф. тертя плунжерної пари.

$$P_3 = Q \cdot 0,85 \cdot 110 \cdot \left(1 - \frac{3 \cdot 110 \cdot 0,1}{100} \right) / \left[\operatorname{tg}(8^\circ + 15,9^\circ) + \operatorname{tg} 6^\circ \right] - 50 = 1,04 \cdot Q - 50;$$

Отже:

$$Q = \frac{P_3 + 50}{1,04} = \frac{2947 + 50}{1,04} = 2882 \text{ Н.}$$

Визначаємо діаметр пневмоциліндра двосторонньої дії при тиску повітря $P = 6$ кгс/см².

$$D \approx 1,4 \sqrt{\frac{Q}{P}} = 1,4 \sqrt{\frac{2882}{6}} = 9,72 \text{ см;}$$

Прийм. $D = 100$ мм.

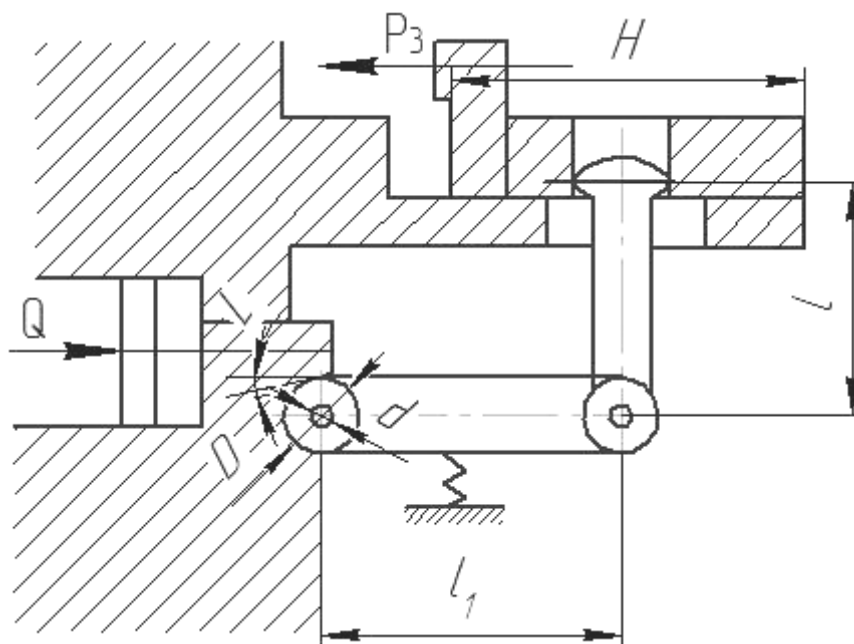


Рисунок 3.5 – Схема приводу пристосування

Тоді при тиску повітря в штоковій порожнині:

$$Q = 0,785 \cdot D^2 \cdot P \cdot \eta; \quad (3.53)$$

де $\eta = 0,95$ – ККД пневмоциліндра.

Тоді

$$Q = 0,785 \cdot 10^2 \cdot 6 \cdot 0,95 = 424 \text{ кгс.}$$

Зусилля затиску:

$$P_3 = 1,04 \cdot Q - 50 = 1,04 \times 424 - 50 = 390 \text{ кгс.}$$

5. Опис конструкції пристосування

Пристосування встановлюється корпусом на стіл вертикально-свердлильно-фрезерно-розточного напівавтомата 243ВМФ2 і виставляється за допомогою сухарів.

Деталь встановлюється на опору і два пальці. Опора прикріплена до корпусу за допомогою гвинтів і штифтів.

Закріплюється заготовка за допомогою притискача, прикріпленого до повзуна за допомогою гвинтів. Повзун переміщається по направляючій, яка прикріплена до корпусу за допомогою гвинтів. До повзуна прикріплені також

планки за допомогою гвинтів. Повзун одержує переміщення від важеля, що обертається навколо осі, яка закріплена в корпусі гвинтом. На кінці важеля штифтом закріплений ролик на який передається зусилля від штока пневмоциліндра. Шток переміщується у втулці запресованої в корпусі. Для герметизації з'єднання служить ущільнююче кільце. На шток встановлюється поршень прикріплений до штока за допомогою гайки і шайби. Пневмоциліндр закритий кришкою. Між кришкою і корпусом встановлена прокладка. Закріплена кришка за допомогою болтів і шайб.

3.4.4 Контрольне пристосування

1. Технічні умови до конструкції пристосування для контролю

Згідно завдання на кваліфікаційну роботу, проєктуємо пристосування для контролю перпендикулярності торця $\varnothing 28,2$ мм відносно осі отвору M24 \times 1,5-6H.

Неперпендикулярність необхідно контролювати до нарізання різі. Відповідно необхідно спроектувати пристосування для контролю перпендикулярності торця $\varnothing 28,2$ мм відносно осі отвору $\varnothing 22,5^{+0,1}$ мм.

Допуск на неперпендикулярність становить 0,03 мм.

2. Вибір схеми вимірювання

Для контролю перпендикулярності торця відносно осі отвору класичною є схема, коли в отвір вводиться гладка оправка, а навколо вісі оправки обертається індикатор в корпусі пристосування і проводиться замір.

Різниця показників індикатора і є шукана неперпендикулярність. Для більшої точності виміру приймаємо розжимну оправку, що вводиться в базовий отвір беззамірно, що дає можливість провести вимір з потрібною точністю.

Розроблену схему заміру зображено на рис. 3.6:

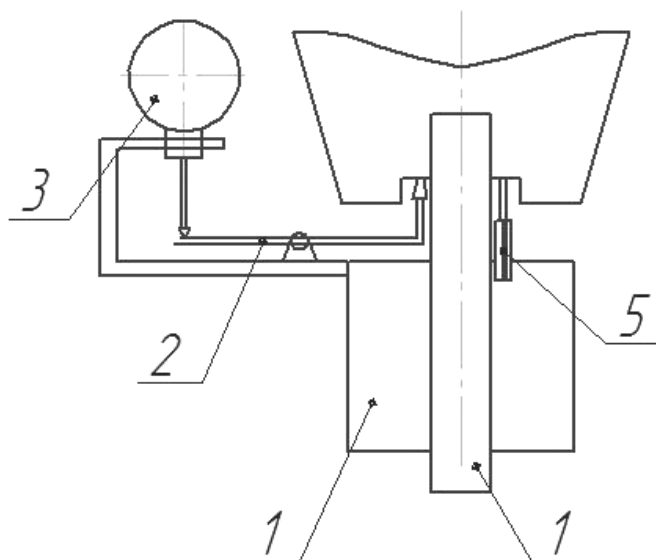


Рисунок 3.6 – Схема вимірювання: 1 – розтискна оправка, 2 – корпус пристосування, 3 – індикатор, 4 – передаточний механізм, 5 – упор.

3. Розрахунок пристосування на точність

На точність контрольного пристосування впливають наступні похибки:

ε_{ind} – похибка показів індикатора, для індикатора ІН-10 на нормованій ділянці $\varepsilon_{ind} = 4$ мм;

$\varepsilon_{поч.м}$ – похибка початкового механізму (ричав, голка); похибка передаточного механізму приймається рівною похибці показів індикатора;

$\varepsilon_{неп.вісі}$ – похибка, що виникає за рахунок не перпендикулярності вісі оправки і розтискної втулки. Приймаємо 5 степеней точності форми і розміщення поверхонь. Допуск для інтервалу розмірів від 16 до 25 мм – 4 мкм.

$\varepsilon_{пер.кор.}$ – похибка, що виникає за рахунок перекосу корпуса на оправці, обумовлена зазором між ними.

$$S_{\max\ заз} = 8 + 11 = 19 \text{ мкм};$$

де 8 мкм – допуск на виготовлення оправки по 5 квалітету;

11 мкм – допуск на виготовлений корпус.

Цей перекіс виникає на довжині 140 мм, а при контролі не перпендикулярності $\varnothing 26,2$ мм, похибка.

$$\varepsilon_{\text{пер.кор}} = \frac{19}{140} \cdot 26,2 = 3,6 \text{ мкм.}$$

Враховуючи те, що вісі похибки розподіляються відповідно нормал. закону розподілу, точність нашого пристосування визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{пер.}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{інд}}^2 + \varepsilon_{\text{поч.м}}^2 + \varepsilon_{\text{неп.вісі}}^2 + \varepsilon_{\text{пер.кор.}}^2}; \quad (3.54)$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{4^2 + 4^2 + 4^2 + 3,6^2} = 8,7 \text{ мкм.}$$

Допустиму похибку заміру приймаємо 30% від поля допуску не перпендикулярності:

$$\varepsilon_{\text{доп.пр.}} = \frac{30 \cdot 30}{100} = 9 \text{ мкм};$$

Так, як $\varepsilon_{\text{пр}} < \varepsilon_{\text{доп.пр.}}$ – то спроектоване пристосування забезпечує потрібну точність виміру.

3.4.5 Розроблення спеціального ріжучого інструменту

Для суміщення операцій для оброблення одночасно двох отворів Ø 15 Н8 і Ø24 Н8 необхідно спроектувати комбіновану розвертку.

Виконуючі розміри розвертки вибираємо за [19, табл. 18, ст. 187].

$$D_1 = 15,024_{-0,008} \text{ мм.}$$

$$D_2 = 24,028_{-0,009} \text{ мм.}$$

Геометрич.параметри ріжуч. частини розвертки приймаємо за [19, ст. 164, табл. 6 ст. 170].

Головн. кут в плані $\varphi = 45^\circ$.

Величина забірної частини $C = 1$ мм при обробленні глухих отворів.

Передній кут $\gamma = 0^\circ$.

Задній кут $\alpha = 10^\circ$.

Довжина робоч. частини розвертки $l_p = 15$ мм.

Ширина $f_1 = 0,1 - 0,5$ мм.

Число зубців розвертки приймаємо однаковими для двох ступеней

$$Z = 1,5\sqrt{D} + 2 = 1,5\sqrt{24} + 2 = 9,4. \quad (3.55)$$

Приймаємо $Z = 10$.

Кутовий крок розвертки приймаємо за [19, ст. 171]

$$w_1 = 33^{\circ}15'; \quad w_2 = 34^{\circ}32'; \quad w_1 = 36^{\circ}; \quad w_1 = 37^{\circ}28'; \quad w_1 = 38^{\circ}45'.$$

Приймаємо для хвостовика конус Морзе №2 по більшій ступені розвертки.

Ріжучу частину розвертки виконуємо із сталі Р6М5, хвостовик із сталі 9Х.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Заходи протипожежної профілактики при експлуатації електроустановок на проектованій ділянці.

Несправність, перевантаження електроустановок є однією з основних причин пожеж в машинобудуванні.

Аналіз пожеж, що виникають в результаті несправності електроустановок, приводить до висновку, що найбільш частими причинами аварій і пожеж є короткі замикання, перевантаження, великі перехідні опори, електричні іскри та дуги. Крім того, причиною пожежі можуть бути розряди статичної атмосферної електрики.

Коротке замикання виникає в результаті порушення ізоляції дротів мережі, попадання на них вологи, роз'їдаючих ізоляцію речовин, неправильного монтажу електромережі та по інших причинах. Струми коротких замикань сучасних потужних електричних системах можуть сягати десятків і сотень тисяч ампер. При короткому замиканні утворюється велика кількість тепла, в результаті чого температура проводів швидко зростає і викликає загоряння ізоляції.

З метою виключення пожежі та вибухів від коротких замикань необхідно своєчасно попереджувати причини, що їх викликають. Найбільш дієвим є правильний підбір і монтаж, а також правильна експлуатація мереж, машин і приладів у відповідності з ПУЄ і ПТЄЄПП та дотримання правил і строків випробувань ізоляції мереж і машин, профілактичних оглядів та ремонту електроустановок. Великий ефект досягається застосуванням швидкодіючого релейного захисту, вимикачів і плавки запобіжників. Апарати захисту вибирають в залежності від параметрів, призначення та умов експлуатації електроустановок.

Перевантаження проводів в мережі виникає тоді, коли по них проходить струм, сила якого вища за розрахункову (допустиму) величину. При цьому відбувається перехід електричної енергії в теплову. Перевантаження усувають правильним вибором січень провідників, виключенням можливості під'єднання

податкових споживачів до мережі, якщо вона на це не розрахована, а також періодичною перевіркою температури машин і апаратів.

Ефективним засобом захисту електроустановок від струмів перевантаження є захист їх плавкими запобіжниками чи автоматичними вимикачами з тепловим і максимальним захистом (теплові електромагнітні розмикачі).

Перехідні опори обумовлені сильним звуженням шляху протікання струму при переході його з одного контакту на інший через площадки дійсного їх дотикання для збільшення площадок дійсного дотикання контактів використовують пружні контакти або спеціальні пружини.

Для відводу тепла від місць дотикання та розсіювання, його контакти виготовляють з певною масою і поверхнею охолодження. Для зменшення впливу окислення на перехідний опір контактів необхідно слідкувати за тим, щоб розмикання і замикання супроводжувалось тертям, так як при цьому тонка плівка оксиду руйнується і видаляється. Місця з'єднання проводів зварюють або припаюють. Все це сприяє зменшенню переходів опорів.

4.2 Структура цивільної оборони об'єкту господарської діяльності машинобудівного профілю

Цивільна оборона організовується на всіх об'єктах господарської діяльності. Начальником цивільної оборони об'єкту є його керівник. Він несе відповідальність за організацію і стан цивільної оборони, за постійну готовність її сил і засобів для проведення рятувальних і невідкладних аварійно-відновлювальних робіт.

Начальник цивільної оборони об'єкту підпорядковується відповідному начальнику цивільної оборони відомства, під управлінням якого знаходиться об'єкт, а в оперативному відношенні - вищестоячому начальнику цивільної оборони за місцем розташування об'єкта.

На великих об'єктах наказами начальників цивільної оборони об'єктів назначаються їх замісники по розселенню робочих і службовців, по інженерно-технічній частині, матеріально-технічному спорядженні.

На об'єктах створюються штаби цивільної оборони, які складаються з штатних робітників, які не звільняються від їх основних обов'язків. Кількість штатних робітників штабу визначається керівником відомства.

На великому об'єкті в склад штабу входять: начальник штабу, його замісники по оперативно-розвідувальній частині, бойовій підготовці, житловому сектору, а також інші спеціалісти.

Штаб являється органом управління начальника цивільної оборони об'єкта, на який покладається:

- організація і забезпечення неперервного управління цивільною обороною;
- забезпечення своєчасного оповіщення служб, формувань, робочих про загрозу нападу;
- розробка плану цивільної оборони об'єкту, періодичне коректування і організація його виконання;
- здійснення міроприємств по захисту робочих, виробництва від ядерної, хімічної, бактереологічної зброї і проведення інших міроприємств, передбачених планом;
- організація бойової підготовки формувань цивільної оборони, навчання робочих захисту від зброї масового ураження, контроль за якістю цієї підготовки;
- забезпечення постійної готовності сил і засобів цивільної оборони.

Для організації і проведення спеціальних міроприємств цивільної оборони, підготовки формувань цивільної оборони і управління ними при проведенні робіт в зоні ураження створюються служби цивільної оборони: зв'язку, охорони суспільного порядку, протипожежна, аварійно-технічна, сховищ і укрить, медична, протирадіаційного і протихімічного захисту, автотранспортна, матеріально-технічного спорядження та інші.

Кількість служб визначається начальником цивільної оборони об'єкта в залежності від специфіки об'єкту і наявності бази.

Служба зв'язку створюється на базі вузла зв'язку об'єкта. Начальником служби є начальник цього вузла. На службу зв'язку покладається: організація своєчасного оповіщення керівного складу, робочих, службовців про загрозу нападу противника і сигналах цивільної оборони; організація зв'язку і

підтримання його в стані постійної готовності. Крім того служба зв'язку повинна усувати аварії на спорудах зв'язку, що знаходяться в зоні ураження.

Служба охорони суспільного порядку створюється на базі підрозділів охорони. Начальником служби є начальник, що керує охороною об'єкту. Дана служба забезпечує надійну охорону об'єкта, суспільного порядку при загрозі нападу противника і під час проведення рятувальних і невідкладних аварійно-відновлювальних робіт; допомога своєчасному укриттю робочих за сигналами цивільної оборони.

Протипожежна служба створюється на базі підрозділів пожежної охорони. Начальником служби являється начальник пожежної охорони. Дана служба розробляє протипожежні профілактичні міроприємства і здійснює контроль за їх проведенням; забезпечує постійну готовність сил і засобів служби; організовує локалізацію і гасіння пожеж; надає допомогу службі протирадіаційного і протихімічного захисту в дезактивації і дегазації ділянок зараження.

Аварійно-технічна служба створюється на базі виробничого, технічного відділів і відділу головного механіка. Начальником служби є начальник відділу, на базі якого створена служба. Аварійно-технічна служба розробляє і проводить попереджувальні міроприємства, що підвищують стійкість основних споруд, спеціальних інженерних мереж і комунікацій при нападі противника, проводить невідкладні роботи по локалізації і ліквідації аварій на мережах, комунікаціях, спорудах об'єкта. Крім цього, дана служба займається розбором завалів і рятуванням людей.

Служба сховищ і укрить створюється на базі відділення капітального будівництва, житлово-комунального відділу будівельних цехів. Начальником служби є начальник відділу, на базі якого створена служба. Дана служба займається: розробкою розрахунків укриття робітників, службовців; утриманням в готовності сховищ і контролем за правильністю їх експлуатації; організацією будівництва протирадіаційних укрить; забезпеченням своєчасного заповнення сховищ і укриттів за сигналами цивільної оборони; дана служба приймає участь в рятувальних роботах при завалах сховищ і укриттів.

Медична служба створюється на базі медичних пунктів, медико санітарних частин, об'єктів і поліклінік. Начальником медичної служби є начальник

медичного пункту, медико-санітарної частини або поліклініки. Медична служба забезпечує постійну готовність медичних формувань, організовує і проводить санітарно-гігієнічні і профілактичні міроприємства, надає медичну допомогу потерпілим і здійснює евакуацію їх в медичні заклади, здійснює міроприємства по санітарній обробці потерпілих, займається медичним обслуговуванням робочих, службовців.

Служба протирадіаційного і протихімічного захисту створюється на базі хімічних лабораторій і цехів. Начальником служби є начальник лабораторій чи хімічного цеху. Дана служба розробляє і здійснює міроприємства по захисту робочих, службовців, джерел водопостачання, складів продовольства від радіоактивних і отруйних речовин; організовує і підготовлює протирадіаційні і протихімічні формування; здійснює контроль за станом індивідуальних засобів захисту і спеціальної техніки; організовує пости радіоактивного і хімічного спостереження і здійснює дозиметричний контроль за опроміненням особистого складу; проводить міроприємства по ліквідації наслідків радіоактивного хімічного забруднення.

Автотранспортна служба створюється на базі транспортних цехів, відділів чи гаражів об'єктів. Дана служба розробляє і здійснює міроприємства по забезпеченню перевозок, пов'язаних з розсередженням робочих, службовців і доставкою їх до місця роботи; організовує підвіз сил і засобів до зони ураження; підготовлює транспорт для перевезення робочих, службовців і евакуації потерпілих, а також для інших цілей цивільної оборони; проводить роботи по знезараженню транспорту.

Служба матеріально-технічного спорядження створюється на базі відділу матеріально-технічного спорядження об'єкта. Дана служба розробляє плани матеріального і технічного спорядження; своєчасно споряджає формування усіма видами оснащення і продовольства; організовує ремонт техніки і різної власності, підвіз його до ділянок робіт, зберігання і облік, забезпечує продовольчими товарами, засобами першої необхідності робочих і службовців на об'єкті.

Комплектування формувань цивільної оборони промислових підприємств і здійснюється по виробничому принципу: по цехах, дільницях, робочих змінах і бригадах. При цьому враховується специфіка виробництва, трудові навички

службовців і робочих, а також можливості оснащення формувань технікою, щоб робоча зміна підприємства (цеху, дільниці, бригади) являлась формуванням.

Основними формуваннями цивільної оборони промислових підприємств є збірні групи і рятувальні групи. Вони створюються в змінах цехів, на дільницях, де чисельність робочих і службовців найбільша, про те їх відволікання не повинно відобразитись на виробництві даного підприємства. На рятувальні загони покладається пошук потерпілих, звільнення їх з-під завалів, з розвалених сховищ і споруд, виніс потерпілих і надання їм першої медичної допомоги.

Крім формувань загального призначення на об'єктах створюються:

- групи розвідки, робочі яких можуть швидко оволодіти навиками розвідки з використанням спеціальних приладів;
- пости спостереження за радіоактивністю повітря, води, землі на базі лабораторії;
- групи зв'язку в кожній зміні на базі радіовузлів, станцій зв'язку і відділень головного електрика;
- сандружини і санітарні пости – на базі медичних пунктів підприємства;
- аварійно-технічні команди і групи;
- команди пожежогасіння;
- команди знезараження;
- санітарно-обмивочні пункти;
- команди охорони громадського порядку;
- групи обслуговування сховищ;
- транспортні команди;
- рухомі пункти харчування і підвозу води.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота присвячена розробленню технології виготовлення Корпуса 4P8.030.003, а також дослідженню геометричної точності контуру при гідроабразивному різанні матеріалів

В кваліфікаційній роботі здійснено техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки. Обрана заготовка є більш економічна з точки зору використ. матеріалу, порівняно дешевша і вимагає меншого механічного оброблення.

На основі базового ТП Кам'янець-Подільського приладобудівного заводу розроблено раціональний ТП виготовл. Корпуса 4P8.030.003 заданої річної програми випуску, який дозволяє економити основний і допоміжний час на оброблення.

Річний економічний ефект від впровадження запропонованих технологічних рішень складає 127000 грн. Це досягнуто за рахунок зниження трудомістк. виготовл. продукції в результаті застосування вертикально-свердлильно-фрезерно-розточного напівавтомата 243ВМФ2, що дає змогу провести концентрацію операцій та підвищити якість продукції, що випускається. Трудомісткість знизилась також за рахунок застосування багатошпindelної головки і комбінованого спеціального інструменту для одночасного оброблення отвору $\varnothing 6,5$ Н8, за рахунок застосування токарно – револьверних верстатів замість токарно-гвинторізних.

При обробленні деталі використаний ріжучий інструмент з твердосплавними пластинами, прогресивні режими різання, пристрої з гідравлічним і пневматичним затиском, спеціальні вимірні засоби контролю, високопродуктивне обладнання.

За рахунок зниження трудомісткості виготовлення виробу, зменшилась кількість обладнання з 10 до 6 одиниць, а площа ділянки з 539 до 323 м².

В роботі також розроблено план розміщення обладнання на проектованій ділянці. Передбачені заходи з ОП та безпеки життєдіяльності.

Проведено аналіз літературних джерел та досліджено технологічні особливості контурного гідроабразивного різання метеріалів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Андрейчук Н. І. Охорона праці : навч. посіб. / Н.І. Андрейчук, Ю.В. Кіт, С.В. Шибанов, О.В. Шерстньова. Львів : Видавництво Львівська політехніка, 2012. 276 с.
2. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. – Львів: Світ, 1996.–368 с.
3. Васильків В. В., Радик Д. Л. Експериментальні дослідження в технології машинобудування. Навч. посіб. з дисципліни ”Наукові дослідження і теорія експерименту”. Тернопіль : ТНТУ, 2012. 386 с.
4. Горбацевич А.Ф. Курсове проектування по технології машинобудування. - Минск.: Высшая школа, 1983.–256 с.
5. Дичковський М. Г. Спеціальна технологічна оснастка. Тернопіль : ТНТУ, 2014. 243 с.
6. Дичковський М. Г., Радик М. Д. Розрахунок точності пристосувань. Тернопіль: ТНТУ, 2015. 28 с.
7. Желібо Є. П. Зацарний В. В. Безпека життєдіяльності : підручник. Київ : Каравела, 2009. 280 с.
8. Загальномашинобудівні нормативи часу допоміжного, на обслуговування робочого місця і підготовчо-заключного для технічного нормування верстатних робіт. Великосерійне виробництво. – М. : Машинобудування, 1967. – 324 с.
9. Когут М. С. Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні: Підручник. – Львів: Видавництво державного університету “Львівська політехніка”, 2000. – 352 с.
10. Корсаков В.С. Основи проєктирования приспособлений в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.
11. Купецький О.В. Технологічні аспекти динамічних методів поверхнево-пластичного деформування / Радик Д.Л., Купецький О.В. // XII міжнар. наук.-практ. конф. Молодих учених та студентів “Актуальні задачі сучасних технологій”, 6-7 грудня 2023. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2023. – С. 58-59.

<http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/43016>

12. Обробка металів різанням. Довідник технолога / Під ред. А.А. Панова. М.: Машинобудування, 1988.– 736 с.
13. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : Навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
14. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки : Навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 240 с.
15. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом : Навч. посіб. Тернопіль: ТДТУ ім І. Пулюя, 2003. – 81 с.
16. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с.
17. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах Т.1. Под. ред Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
18. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах Т.2. Под. ред Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К. - М.: Машиностроение, 1985 – 496 с.
19. Шатин В.П., Шатин Ю.В. Справочник конструктора инструментальщика. М.: Машиностроение, 1975. – 456 с.
20. Шоботов В. М. Цивільна оборона: Навч. посіб. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 438 с.
21. Денисов В.А. Повышение эффективности гидроабразивного резания заготовки с толстостенных металлов на основе дискретной подачи абразива. / В.А. Денисов. – М.: Станкин, 2013. – 21 с.
22. Шаймарданов Р.Р. Современные технологии гидроструйной обработки металлов и композитных материалов / Р.Р. Шаймарданов. – ДЕГ-РУС, 2012. – 53 с.